

⑬ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication : **2 586 758**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : **86 12428**

⑬ Int Cl* : F 02 M 51/00, 47/02.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

⑭ Date de dépôt : 4 septembre 1986.

⑮ Priorité : JP, 4 septembre 1985, n° 60-193918, 1^{er} novembre 1985, n° 60-244126 et 11 mars 1986, n° 61-51372.

⑯ Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 10 du 6 mars 1987.

⑰ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑱ Demandeur(s) : *NIPPON SOKEN, INC. — JP.*

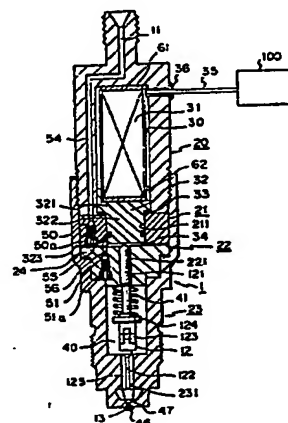
⑲ Inventeur(s) : Toru Yoshinaga, Toshihiko Igashira, Yasuyuki Sakakibara, Yukihiro Natsuyama, Shigeki Daido et Yasuhiro Takeuchi.

⑳ Titulaire(s) :

㉑ Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

㉒ **Injecteur de carburant et installation d'injection de carburant.**

㉓ L'installation comprend un injecteur de carburant comportant une chambre de réglage de pression de carburant 34 pour engendrer une pression qui sollicite une soupape à pointeau 12 dans le sens de fermeture pour ouvrir et fermer l'orifice d'éjection 13, un accumulateur pour retenir du carburant éjecté à partir de l'orifice d'éjection 13. Le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 de l'injecteur peut être modifié par un dispositif d'actionnement piézo-électrique 31. Un circuit électrique 100 est relié par un conducteur 35 au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31.



FR 2 586 758 - A1

INJECTEUR DE CARBURANT ET INSTALLATION D'INJECTION
DE CARBURANT

La présente invention se rapporte à un injecteur de carburant destiné à être utilisé dans un moteur à combustion interne, notamment dans un moteur Diesel, et elle concerne, plus particulièrement, un injecteur de type à accumulateur, et une installation d'injection munie d'un tel injecteur.

Dans un injecteur de type à accumulateur classique, la pression de carburant provenant d'une source de carburant n'agit pas sur la soupape à pointeau dans le sens de fermeture de celle-ci, mais agit seulement dans sa source d'ouverture, la force d'un ressort agissant dans le sens de fermeture du pointeau. En outre, la soupape à pointeau est agencée de façon que, lorsque l'alimentation en carburant est stoppée, la soupape à pointeau s'ouvre en permettant l'injection de carburant à partir de l'orifice d'éjection, ce qui réduit la pression de carburant dans l'accumulateur et, par suite, la soupape à pointeau peut se fermer, ce qui termine la phase d'injection de carburant.

Dans un injecteur classique présentant la structure ci-dessus, la pression de fermeture de la soupape à pointeau dépend de la force (c'est-à-dire de la dimension) du ressort et, par suite, la dimension de l'injecteur est nécessairement limitée. En conséquence, du fait que la soupape à pointeau peut s'ouvrir sous une pression relativement faible, on ne peut obtenir une pression d'injection de carburant suffisante. En d'autres termes, la pulvérisation du carburant est limitée et il est difficile d'améliorer davantage les performances du moteur. De plus, un injecteur classique est réalisé de telle façon que la soupape à pointeau s'ouvre lorsque l'alimentation en carburant cesse et se ferme lorsque la pression de carburant à l'intérieur de l'accumulateur diminue. Par conséquent, le bruit de

fonctionnement est élevé, du fait que la durée d'injection de carburant est extrêmement brève.

En conséquence, la présente invention a principalement pour objet un injecteur de carburant améliorant le comportement du moteur en produisant une pression d'injection de carburant suffisamment élevée et en réduisant au minimum le bruit de fonctionnement du moteur grâce à une injection-pilote remédiant au déplacement brusque du pointeau.

L'invention a également pour objet un injecteur de carburant supprimant la nécessité d'un mécanisme pour répartir le carburant entre les injecteurs de type précités prévus au niveau de chacun des cylindres d'un moteur à combustion interne multicylindres, ce qui permet de simplifier la réalisation de la pompe d'injection de carburant.

Selon la présente invention, l'injecteur de carburant comprend un carter, un dispositif d'actionnement piézo-électrique, une soupape à pointeau, une soupape de retenue, et un circuit électrique réglant la tension appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique. Une chambre de réglage de pression de carburant et un accumulateur retenant provisoirement le carburant sont formés dans le carter, un trajet d'amenée permettant au carburant amené sous pression de façon intermittente à partir d'une source de carburant d'être introduit dans la chambre de réglage de pression de carburant et dans l'accumulateur, ainsi qu'un orifice de gicleur dit "orifice d'éjection" par lequel le carburant se trouvant dans l'accumulateur est injecté. Le dispositif d'actionnement piézo-électrique est logé dans le carter et délimite la chambre de réglage de pression de carburant, et il se dilate et se contracte selon la pression qui lui est appliquée, ce qui modifie le volume de la chambre de réglage de pression de carburant. La soupape à pointeau est prévue de façon à effectuer des mouvements de va-et-vient dans le carter, et, sous l'effet

de la pression provenant de la chambre de réglage de pression de carburant et de l'accumulateur, elle ouvre ou elle coupe la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection. La soupape de retenue ouvre et coupe, normalement, la communication entre le trajet d'amenée du carburant et la chambre de réglage de pression de carburant, et entre le trajet d'amenée du carburant et l'accumulateur, selon la pression régnant dans le trajet d'amenée du carburant et/ou dans la chambre de réglage de pression de carburant.

Le carburant provenant de la source de carburant suit le trajet d'amenée et est introduit sous pression dans la chambre de réglage de pression de carburant et l'accumulateur, par l'intermédiaire de la soupape de retenue. La soupape à pointeau coupe la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection lorsque la pression de carburant régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant est relativement élevée, de par l'action du dispositif d'actionnement piézo-électrique, et elle ouvre la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection, lorsque la pression de carburant régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant est relativement basse, et également de par l'action du dispositif d'actionnement piézo-électrique, ce qui permet l'injection de carburant à partir de l'orifice d'éjection.

De plus, selon la présente invention, l'installation d'injection de carburant comprend une pompe d'injection de carburant délivrant une quantité prédéterminée de carburant, une pluralité d'injecteurs de carburant prévus au niveau de chaque cylindre correspondant d'un moteur à combustion interne multicylindres, et retenant sous haute pression du carburant provenant de la pompe d'injection de carburant, et injectant le carburant sous haute pression, un trajet d'amenée du carburant reliant les injecteurs de carburant à une pompe d'injection de carburant, des moyens prévus à mi-chemin du trajet d'amenée du carburant pour

réglér la pression de carburant dans le trajet d'amenée du carburant, et des moyens d'ouverture de l'injecteur de carburant pour injecter le carburant sous haute pression.

On comprendra plus complètement la présente invention
5 par la description qui va suivre d'exemples de réalisation préférés non limitatifs de l'invention, en regard des dessins annexés dans lesquels ;

la figure 1 est une vue en coupe représentant un injecteur de carburant réalisé selon un mode de réalisation
10 de la présente invention ;

la figure 2 est un schéma électrique représentant un mode de réalisation d'un circuit électrique destiné à régler le taux d'injection de l'injecteur de carburant représenté sur la figure 1 ;

la figure 3 est un réseau de caractéristiques représentant le déplacement d'un dispositif d'actionnement piézo-
15 électrique de l'injecteur de carburant représenté sur la figure 1 ;

les figures 4 à 6 sont des réseaux de caractéristiques
20 représentant le réglage de l'injection de carburant sur la base des figures 1 à 3 ;

la figure 7 est un schéma représentant une première variante du circuit électrique représenté sur la figure 2 ;

la figure 8 est un réseau de caractéristiques
25 représentant le réglage d'injection du carburant par le circuit électrique représenté sur la figure 7 ;

les figures 9 et 10 sont des schémas représentant d'autres variantes du circuit électrique représenté sur la figure 2 ;

la figure 11 est une vue en coupe représentant un
30 autre mode de réalisation de la présente invention ;

la figure 12 est une vue en plan représentant la position relative d'une came et d'un piston ;

les figures 13a à 13d représentent des cycles actifs
35 dans le mode de réalisation de la figure 11, la figure 13a

étant un graphique représentant la pression dans une canalisation de carburant, la figure 13b étant un graphique représentant un signal d'attaque d'un dispositif d'actionnement piézo-électrique, la figure 13c étant un graphique
5 représentant la pression dans un injecteur à accumulateur et la figure 13d étant un graphique représentant le taux d'injection ;

les figures 14a à 14d représentent des cycles actifs dans un mode de réalisation utilisant une pompe d'injection
10 de carburant de type à répartition, la figure 14a étant un graphique représentant la pression dans une canalisation de carburant, la figure 14b étant un graphique représentant un signal d'attaque d'un dispositif d'actionnement piézo-électrique, la figure 14c étant un graphique représentant
15 la pression dans un injecteur à accumulateur, et la figure 14d étant un graphique représentant le taux d'injection ;

la figure 15 est une vue en coupe représentant un autre mode de réalisation de l'unité de variation de volume ;

20 la figure 16 est une vue en coupe représentant encore un autre mode de réalisation de la présente invention ;

la figure 17 est un graphique représentant le cycle actif dans le mode de réalisation représenté sur la figure 16 ;

25 la figure 18 est une vue en coupe représentant un second mode de réalisation de l'unité de réglage de pression de carburant ;

la figure 19 est une vue en coupe représentant un troisième mode de réalisation de l'unité de réglage de
30 pression de carburant ; et

la figure 20 est une vue en coupe représentant un quatrième mode de réalisation de l'unité de réglage de pression de carburant.

En se référant à la figure 1, un mode de réalisation
35 de l'injecteur de carburant de type à accumulateur selon

la présente invention est désigné, de façon générale, par la référence numérique 1. Cet injecteur à accumulateur 1 est destiné à injecter du carburant dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel à injection directe et, par conséquent, on prévoit un injecteur 1 par cylindre. Ainsi, par exemple, pour un moteur à quatre cylindres, on prévoit quatre injecteurs à accumulateur. Le carburant, amené sous pression à partir d'une pompe en ligne ou en canalisation (bien connue), passe par un orifice d'admission 11 dans l'injecteur à accumulateur 1 et est injecté à partir d'un orifice de gicleur ou d'éjection 13, grâce à l'action d'ouverture et de fermeture d'une soupape à pointeau 12, comme on le décrira plus loin. Le pompage du carburant par la pompe d'injection n'est pas effectué,, comme il est courant, près du point mort haut (PMH) de chaque cylindre, mais il a été effectué déjà suffisamment avant le PMH, par exemple à un angle de vilebrequin de 60 degrés avant le PMH. La quantité de carburant fournie par une opération de pompage est ajustée selon le réglage de l'angle du levier de la pompe à injection, comme dans la technique classique.

Le carter de l'injecteur à accumulateur 1 comprend un support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20 retenant un dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, une pièce d'écartement cylindrique creuse 21 délimitant une chambre de réglage de pression de carburant 34 servant à régler la pression de liquide, comme on le décrira plus loin, un support d'injecteur 22 délimitant le fond de la chambre de réglage de pression de carburant 34 et retenant un injecteur à accumulateur 1, et un corps d'injecteur cylindrique creux 23 délimitant un accumulateur, comme on l'expliquera plus loin, son extrémité inférieure étant fermée. Le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20 présente l'une de ses extrémités fermée de façon à renfermer fixement le dispositif d'ac-

tionnement piézo-électrique 31, et son autre extrémité ouverte, la pièce d'écartement 21 étant disposée en face de lui. Du côté de la pièce d'écartement 21 opposé au support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20, on prévoit le support d'injecteur 22, opposé à la pièce d'écartement 21 disposé de façon concentrique par rapport à elle. Le support d'injecteur 22 comporte une bride 24 ajustée étroitement sur la pièce d'écartement 21. Le support d'injecteur 22, la pièce d'écartement 21 et le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20 sont reliés ensemble d'un seul tenant à leurs circonférences extérieures par le corps d'injecteur 23. Ainsi, le support d'injecteur 22, la pièce d'écartement 21 et le support d'injecteur 20 sont solidarisés au corps d'injecteur 23 par vissage du support d'injecteur 20 dans un trou taraudé formé dans la paroi intérieure du corps d'injecteur 23.

Un alésage 30, formé dans le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20, abrite dans son intérieur le dispositif d'actionnement piézo-électrique proprement-dit 31, un piston 32 et un ressort Belleville 33. L'extrémité supérieure du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est fixée au fond de l'alésage 30, et en fait à la partie inférieure du support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20, par une plaque isolante 61, et son extrémité inférieure est accouplée à la face supérieure du piston 32, en face de celle-ci, par une plaque isolante 62. Le diamètre extérieur du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est inférieur au diamètre intérieur de l'alésage 30, pour tenir compte du déplacement dû à la dilatation et à la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 comme on l'expliquera plus loin. Le piston 32 comprend une section de grand diamètre 321 ayant un diamètre sensiblement égal au diamètre intérieur de l'alésage 30, et une section de petit diamètre 322 d'un

diamètre inférieur à, par exemple, 15 mm, soit par exemple un diamètre de 12 mm. En effet, la section de grand diamètre 321 du piston 32 est reçue de façon à pouvoir coulisser dans l'alésage 30, et la section de petit diamètre 322 est reçue de façon à pouvoir coulisser dans un alésage 211 de la pièce d'écartement 21. Comme on l'a mentionné précédemment le diamètre de la section de petit diamètre 322 est inférieur au diamètre intérieur de l'alésage 30, c'est-à-dire au diamètre du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, de sorte que, lorsqu'une sollicitation importante est appliquée de façon répétée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, la pression au niveau du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est réduite, ce qui évite que le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se dégrade ou se détériore.

Le bas de la pièce d'écartement 21 est ajusté étroitement sur le support d'injecteur 22. La face inférieure du piston 32, la face supérieure du support d'injecteur 22 et la paroi intérieure de la pièce d'écartement 21 délimitent ensemble un volume dans lequel une chambre de réglage de pression de carburant 34 est également définie, chambre dont le volume varie selon le mouvement du piston 32. Un joint torique 323 du piston 32 sert à maintenir un état d'étanchéité au carburant permanent dans la chambre de réglage de pression de carburant 34.

Un alésage 221 est formé autour de l'axe du support d'injecteur 22. Une barre de réception de pression 121 est logée de façon à pouvoir coulisser dans l'alésage 221, de façon à maintenir l'étanchéité à l'air. La soupape à pointeau 12 comprend cette barre de réception de pression 121 et un corps de soupape 122, accouplés mutuellement par une broche 123. Le corps de soupape 122 est logé de façon à pouvoir coulisser dans l'alésage de petit diamètre 231, et un trajet d'amenée de carburant 125, s'étendant axialement par rapport au corps de soupape 122, est formé dans sa

périphérie extérieure. La soupape à pointeau 12 est ainsi divisée en deux parties, à savoir la barre de réception de pression 121 et le corps de soupape 122, pour garantir la possibilité de coulisement de la soupape à pointeau 12 dans l'alésage 221 du support d'injecteur 22 et dans l'alésage 231 du corps d'injecteur 23, même si les axes de ces alésages 221 et 231 sont légèrement décalés l'un par rapport à l'autre. Un ressort 44, qui sollicite le corps de soupape 122 dans le sens de fermeture de la soupape, est prévu entre un guide de ressort 124 formé sur la barre de réception de pression 121 et le support d'injecteur 22.

Il est formé, dans le corps d'injecteur 23, un alésage d'un diamètre intérieur équivalent à celui de la pièce d'écartement 21, cet alésage définissant un accumulateur 40 dans lequel la soupape à pointeau 12 est reçue de façon à pouvoir se déplacer verticalement.

Une soupape de retenue 50, sollicitée par un ressort 50a dans son sens de fermeture, est prévue sur la pièce d'écartement 21. Lorsque du carburant à une pression prédéterminée est fourni, l'orifice d'admission 11 et la chambre de réglage de pression de carburant 34 sont mises en communication mutuelle. Le support d'injecteur 22 comporte également une soupape de retenue 51 qui est sollicitée par un ressort 51a dans son sens de fermeture. Lorsque du carburant à une pression déterminée est fourni, la communication est établie entre l'orifice d'admission 11, la chambre de réglage de pression de carburant 34 et l'accumulateur 40.

Le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20, la pièce d'écartement 21 et le support d'injecteur 22 sont positionnés au moyen d'une broche de blocage (non représentée). En conséquence, du carburant s'écoulant dans l'orifice d'admission 11 parvient à la chambre de réglage de pression de carburant 34 par le trajet 54, la soupape de retenue 50 et le trajet 55. Le carburant par-

10

vient, en outre, à l'accumulateur 40 par le trajet 56 et la soupape de retenue 51.

5 Le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 diminue lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se dilate axialement et fait descendre le piston 32 contre la force du ressort Belleville 33. D'autre part, lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se contracte ou que du carburant à une pression suffisamment élevée pour forcer le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à se contracter parvient
10 dans la chambre de réglage de pression de carburant 34, le piston monte sous l'effet de la pression de carburant en forçant le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à se contracter et le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 augmente.
15

Le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est un empilement cylindrique stratifié formé par des disques piézo-électriques (PZT) d'un diamètre de 15 mm et d'une épaisseur de 0,5 mm et par des disques de cuivre d'un
20 diamètre de 15 mm et d'une épaisseur de 0,01 mm, empilés en alternance les uns sur les autres. Un fil conducteur de plomb 35 est relié aux disques de cuivre, de sorte qu'on peut appliquer une tension aux éléments PZT en parallèle avec la direction de l'épaisseur de chaque élément PZT, comme on l'a représenté sur la figure 1. Le fil
25 de plomb 35 passe par un passe-fil ou oeillet 36 à l'extérieur du support de dispositif d'actionnement piézo-électrique 20 et il constitue une portion d'un circuit électrique 100 que l'on décrira plus loin. Les éléments
30 PZT sont constitués par une matière céramique ferro-électrique frittée à base de titanate de zirconium ; ce sont des éléments typiques doués d'un effet piézo-électrique. Les propriétés physiques de cet élément sont telles que, lorsqu'une tension de 500 V est appliquée dans la
35 direction de son épaisseur, l'épaisseur de l'élément

11

augmente de $0,5 \mu\text{m}$, tandis que, lorsque la tension de 500 V est court-circuitée, l'épaisseur diminue de $0,5 \mu\text{m}$. De plus, lorsqu'une pression de 200 kg/cm^2 est appliquée à l'élément dans la direction de son épaisseur, il apparaît une
5 tension de 200 V dans cette direction. Dans le présent mode d'exécution, le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 comporte cent éléments PZT montés électriquement en parallèle, de sorte que, lorsqu'une tension de 500 V est appliquée au dispositif d'actionnement piézo-
10 électrique 31, il se dilate de $50 \mu\text{m}$.

Cette dilatation et cette contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 en direction axiale provoquent le déplacement vertical du piston 32, et des charges sont accumulées en raison de la contraction du
15 dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 par le piston 32.

La figure 2 représente un circuit électrique 100 destiné à régler la tension appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 et à commander l'évacuation de la charge accumulée dans le dispositif d'actionnement
20 piézo-électrique 31.

Comme le montre la figure 2, le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est relié au circuit électrique au moyen d'un fil conducteur de plomb 35. Le circuit électrique 100 comprend une section de circuit destinée à
25 appliquer une tension au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 comprenant une alimentation 601, un condensateur 620, un thyristor 603, une bobine 621, et une section de circuit destinée à évacuer la charge accumulée
30 dans le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, comprenant une bobine 622, un thyristor 604, un condensateur 605, un transistor npn 606 et une résistance 607.

Le circuit d'évacuation de la charge accumulée est destiné à régler la quantité de la charge accumulée dans
35 le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à évacuer.

La charge accumulée du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est transférée dans le condensateur 605 par l'intermédiaire de la bobine 622 et du thyristor 604. On peut ajuster la quantité de charge à transférer en réglant la tension entre les armatures du condensateur 605 et en modifiant le fonctionnement débloquent du transistor npn 606 monté en parallèle sur le condensateur 605. On décrira ce réglage au cours de l'explication du fonctionnement général.

Le circuit d'application de tension est destiné à appliquer une tension provenant de l'alimentation 601 au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, avec la caractéristique de résonance définie par le condensateur 620 et la bobine 621, en rendant le thyristor 603 conducteur.

On va décrire à présent le fonctionnement de l'installation d'injection de carburant selon la présente invention.

Lorsqu'un piston d'un certain cylindre du moteur atteint un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH, l'unité de pompage (non représentée) d'une pompe en canalisation ou en ligne (non représentée), correspondant à l'injecteur à accumulateur 1 présent sur ce cylindre, commence à débiter le carburant. Le carburant ainsi débité rejoint, par l'intermédiaire d'un conduit d'injection en acier (non représenté), l'orifice d'admission 11 de l'injecteur de carburant 1 et lève la soupape de retenue 50 par l'intermédiaire du trajet 54. Ainsi, le carburant sous pression parvient, par le trajet 55, dans la chambre de réglage de pression de carburant 34 et, il suit le trajet 56 pour faire descendre la soupape de retenue 50, passant ainsi dans l'accumulateur 40.

Si une pression de plus de 450 kg/cm^2 (plus de 800 kg, convertie en force), est appliquée de façon répétée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, constitué

par des éléments PZT, le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 peut éventuellement se dégrader ou se détériorer. Pour empêcher cela, on rend la section de petit diamètre du piston 32 plus petite que l'extérieur de l'élément du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 pour réduire la pression appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 comme on l'a décrit précédemment. De plus, le ressort Belleville 33 est placé entre la face inférieure de la section de grand diamètre 321 du piston 32 et la pièce d'écartement 21, et il est possible de faire monter le piston 32 sous l'action du ressort 33, lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est contracté. Le ressort Belleville 33 peut être prévu dans la chambre de réglage de pression de carburant 34. Cependant, dans le présent mode de réalisation, le ressort Belleville 33 est placé à l'extérieur de la chambre de réglage de pression de carburant 34, du fait que le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 doit rester aussi faible que possible, pour garantir une meilleure réaction de l'injecteur de carburant 1.

En ce qui concerne la pression de carburant agissant sur la soupape à pointeau 12, l'aire recevant la composante de la pression agissant vers le bas est égale à l'aire de section maximale de la soupape à pointeau 12, et l'aire sur laquelle la composante de pression agissant vers le haut est reçue est égale à l'aire de section maximale, moins l'aire suivant laquelle la face inférieure de la soupape à pointeau 12 occupe la surface de siège 47. Par conséquent, la composante agissant vers le bas de la pression qui agit sur la soupape à pointeau 12 est supérieure à la composante agissant vers le haut. La soupape à pointeau 12 est maintenue sur son siège par la force du ressort 41, fermant l'orifice d'éjection 13. Ainsi, le carburant envoyé sous pression à l'injecteur de carburant 1 passe dans l'accumulateur 41 et la chambre de réglage de pression

de carburant 34, où le carburant est emmagasiné sous pression. Lorsque l'alimentation en carburant de la pompe (non représentée) est faible, la pression de carburant est de l'ordre de 100 kg/cm^2 , et de l'ordre de 675 kg/cm^2 lorsque
5 l'alimentation en carburant est importante. L'alimentation en carburant de la pompe s'achève à un angle de vilebrequin de 60° avant le PMH. Lorsque l'alimentation en carburant s'achève, la soupape de retenue 50 se ferme sous l'effet de l'élasticité du ressort 50a et, de même, la soupape de retenue 51 se ferme sous l'action du ressort 51a. Par conséquent,
10 le trajet 54 partant de l'orifice d'admission 11 se ferme. et la communication entre la chambre de réglage de pression de carburant 34 et l'accumulateur 40 est interrompue. L'injecteur de carburant 1 conserve cet état jusqu'au démarrage d'une opération d'injection subséquente.
15

On va décrire le circuit électrique 100 en se référant à la figure 2. Lorsque le piston atteint un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH, le thyristor 603 devient conducteur et une tension continue de 300 V est appliquée à partir
20 de l'alimentation 601 au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 par l'intermédiaire de la bobine 621, ce qui provoque la dilatation du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31. Dans ce cas, la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 monte à environ
25 400 V, en raison de la résonance L-C du condensateur 520 et de la bobine 621. Ensuite, le thyristor 603 est bloqué. Le piston effectuant sous l'action du plongeur de pompe (non représenté) sa course d'alimentation en carburant, la pression de la chambre de réglage de pression de carburant et de l'accumulateur 40 augmente. Ainsi, il se constitue et
30 s'accumule une charge correspondant à cette augmentation de pression dans l'accumulateur 40. Lorsque la quantité d'injection de carburant par course d'un seul cylindre est faible par exemple de $10 \text{ mm}^3/\text{c}$ (c désignant la course), la tension
35 aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31

15

augmente à environ 500 V. Si la quantité d'injection de carburant est importante, par exemple de $600 \text{ mm}^3/\text{c}$, la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 augmente à environ 800 V. L'injecteur 1 conserve cet état jusqu'au démarrage d'une injection subséquente.

A un instant d'injection, par exemple lorsque le piston parvient à un angle de vilebrequin de 10° avant le PMH, la charge accumulée dans le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 passe dans le condensateur 605 en rendant le thyristor 604 conducteur, et la tension du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue. En effet, la tension du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue selon la quantité transférée de la charge. La charge du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est évacuée selon la diminution de tension. Du fait que le volume du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue selon la quantité de charge évacuée, le piston 32 monte sous l'action du ressort Belleville 33, de sorte que le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 augmente, ce qui entraîne une diminution de la pression régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant 34. Par conséquent, il se produit une brusque et importante différence de pression entre la chambre de réglage de pression de carburant et l'accumulateur 40, et la soupape à pointeau 12 s'ouvre selon une levée correspondant à cette différence de pression. Ainsi, le carburant contenu dans l'accumulateur 40 est injecté à partir de l'orifice d'éjection 13 et, en même temps que cette injection de carburant, la pression de l'accumulateur 40 diminue, jusqu'à ce que la différence de pression entre la chambre de réglage de pression de carburant 34 et l'accumulateur 40 passe dans un certain intervalle. Alors, la soupape à pointeau 12 se ferme et l'injection de carburant à partir de l'orifice d'éjection 13 s'achève.

Par conséquent, on peut régler la levée de soupape

nécessaire pour ouvrir la soupape à pointeau 12 en faisant varier la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 sous l'action du ressort Belleville 33 et des ressorts 41, 50a et 51a prévus de façon appropriée. Comme
5 on l'a mentionné précédemment, on peut déterminer la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 en débloquent et en bloquant de façon appropriée le transistor 606 pour régler la tension entre les armatures du condensateur 605.

10 On a représenté la relation entre la variation de tension sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 (V sur l'axe horizontal) et le déplacement (ΔP sur l'axe vertical) sur la figure 3, en prenant comme paramètres les charges L_1 à L_7 (en kg). Il y a lieu de noter que les charges
15 L_1 à L_7 correspondent à un dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 d'un diamètre extérieur de 15 mm, et qu'une pression équivalente (en kg/cm^2) est indiquée entre parenthèses. Comme il ressort de la figure 3, plus la variation de tension est importante, plus le déplacement du dispositif
20 d'actionnement piézo-électrique est important. De plus, plus la charge (ou la pression) appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est importante, plus le déplacement ΔP du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, en raison de la compression due à la charge, est important.

25 Lorsque l'injection de carburant est faible, par exemple de $10 \text{ mm}^3/\text{c}$, la charge appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est d'environ 200 kg (d'environ 100 kg/cm^2 en pression) et la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est d'environ 500 V. Lorsqu'à ce moment, le dispositif d'actionnement
30 piézo-électrique 31 est court-circuité à ses deux extrémités, le déplacement dû à la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est tel qu'indiqué par le point b sur la figure 3, c'est-à-dire d'environ $32 \mu\text{m}$. De même,
35 lorsque l'injection de carburant est importante, par exemple

de $60 \text{ mm}^3/\text{c}$, la charge appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est de 800 kg (environ 450 kg/cm^2 en pression) et la tension est de 800 V. Par conséquent, le déplacement est d'environ $31 \mu\text{m}$, comme indiqué au point a.

5 Dans ce réglage, la soupape à pointeau 12 se déplace momentanément dans la même mesure pour la faible injection de carburant que pour la forte injection de carburant. Du fait que, ce qui précède restant inchangé, c'est-à-dire, plus le débit est faible, plus la pression d'injection est faible,

10 le taux d'injection est faible par rapport à celui obtenu à un débit important. Cependant, la soupape à pointeau 12 prend immédiatement la levée maximale, de sorte que, lorsque l'alimentation en carburant est faible, le taux d'injection est élevé, mais la période d'injection est courte, ce qui

15 produit un bruit plus élevé.

Le taux d'injection doit, de préférence, être variable selon la vitesse de rotation du moteur et la charge qui lui est appliquée : le taux d'injection doit être faible pour une vitesse et une charge faibles, et il doit être élevé

20 pour une vitesse et une charge élevées.

Selon la présente invention, la levée de la soupape à pointeau 12 est variable, pour permettre la variation du taux d'injection précitée. Ainsi, la tension entre les armatures du condensateur 605 est réglée par le transistor

25 606 comme on l'a décrit précédemment, de façon que, lorsque l'injection de carburant est maximale ($60 \text{ mm}^3/\text{c}$), la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 soit également maximale, et que la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue lorsque l'injection de carburant diminue et que le poids appliqué au dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue. Lorsque

30 la vitesse du moteur est faible, l'évacuation de la charge du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est réglée par le transistor 606, de façon que le point c de la figure

35 3 passe au point d. De plus, lorsque la vitesse du moteur

est élevée, l'évacuation de la charge est réglée par le transistor 606 de façon que le point a passe au point e sur la figure 3. En outre, lorsque la vitesse du moteur correspond au régime intermédiaire, le réglage est effectué de façon à établir une courbe de taux d'injection entre c-d et a-e sur la figure 3. Ces réglages garantissent un taux d'injection idéal et ils élargissent également le domaine de fonctionnement dynamique de l'injection de carburant.

On peut effectuer le réglage de tension précité par le transistor 606 de façon usuelle en déterminant des conditions de fonctionnement appropriées du moteur, telles que la vitesse et l'ouverture de levée pour l'établissement des correspondances par un calculateur aux fins d'adaptation au taux d'injection idéal ci-dessus et au domaine de fonctionnement dynamique étendu de l'injection de carburant. Selon un procédé plus simple, on peut effectuer un réglage analogique pour rendre l'injection de carburant proportionnelle au moins à la vitesse du moteur et à l'ouverture de levée.

Comme le montre la figure 2, on prévoit une résistance 607 pour évacuer la charge accumulée dans le condensateur 605 lors d'une injection subséquente.

Les figures 4 et 5 représentent, en portant le temps sur l'axe horizontal, la position du plongeur PL-L, la tension V_{31} du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, la tension P_{34} dans la chambre de réglage de pression de carburant 34, la pression P_{40} dans l'accumulateur 40, et le taux d'injection ER. La figure 4 représente le diagramme des temps, lorsque l'injection de carburant est faible ($10 \text{ mm}^3/\text{c}$) et la figure 5 représente le diagramme des temps, lorsque l'injection de carburant est importante ($60 \text{ mm}^3/\text{c}$).

On va décrire d'abord le réglage de l'injection de carburant lorsque l'injection de carburant est faible, en se référant à la figure 4.

Avant l'instant t_1 , le transistor 606 de la figure 2 est débloquent pour régler la tension aux bornes V_{31} du dispo-

5 sitif d'actionnement piézo-électrique 31 à 300 V (voir V_{31} sur la figure 4). Dans ce cas, la pression P_{34} régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant 34 et la pression P_{40} régnant dans l'accumulateur 40 sont, respectivement, de 70 kg/cm^2 et de 100 kg/cm^2 . La différence entre ces pressions ne provoque pas le fonctionnement de la soupape à pointeau 2, de sorte qu'il n'y a pas d'injection à partir de l'orifice d'éjection 13 (voir P_{34} , P_{40} et ER sur la figure 4). Ensuite, pour un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH (APMH), c'est-à-dire à l'instant t_1 , le thyristor 603 de la figure 2 devient conducteur en élevant la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à environ 400 V (voir V_{31} sur la figure 4). Ensuite, le thyristor 604 est bloqué. Lorsque le moteur fonctionne au régime d'alimentation en carburant sous pression, la pression P_{34} de la chambre de réglage de pression de carburant 34 et la pression P_{40} de l'accumulateur 40 montent de 70 kg/cm^2 à 100 kg/cm^2 et de 100 kg/cm^2 à 150 kg/cm^2 , respectivement (voir P_{34} et P_{40} sur la figure 4). Ainsi, le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 reçoit une pression avec une plus forte différence ($P_{34} - P_{40}$) que la différence précédente ($70 \text{ kg/cm}^2 - 100 \text{ kg/cm}^2$) et une charge s'accumule dans le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 correspondant à cette différence importante, de sorte que la tension aux bornes monte à environ 500 V (voir V_{31} sur la figure 4). L'alimentation en carburant sous pression a lieu jusqu'à ce qu'un angle de vilebrequin de 60° avant le PMH soit atteint. Ensuite, cet état se maintient jusqu'à ce qu'une injection de carburant soit effectuée. Au moment de l'injection de carburant, par exemple pour un angle de vilebrequin de 10° avant le PMH (APMH), c'est-à-dire à l'instant t_2 , le thyristor 604 de la figure 2 devient conducteur. En conséquence, la charge accumulée dans le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est transférée dans le condensateur 605 et, par suite la tension V_{31} aux bornes

du dispositif d'actionnement piézo-électrique diminue. Le volume du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue selon la diminution de la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31. La tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 devient égale à la valeur avant l'instant t_1 , soit 200 V, par l'intermédiaire du transistor 606. Ainsi le piston 32 monte sous l'action du ressort Belleville 33, de sorte que le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 augmente et que la pression P_{34} qui y règne prend une valeur de l'ordre de 70 kg/cm^2 (voir V_{31} sur la figure 4). Cette chute de pression est rapidement atteinte, selon la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 et l'augmentation de volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34. D'autre part, du fait que la pression P_{40} de l'accumulateur 40 est de 150 kg/cm^2 , la soupape à pointeau 12 s'ouvre selon une levée correspondant à la différence de pression ($150 - 70 \text{ kg/cm}^2$). Ainsi, le carburant contenu dans l'accumulateur 40 est injecté à partir de l'orifice d'éjection 13 (voir ER sur la figure 4). En raison de cette injection de carburant, la pression P_{40} de l'accumulateur 40 tombe à environ 100 kg/cm^2 (voir P_{40} sur la figure 4).

On va décrire à présent le réglage de l'injection de carburant, lorsque l'injection de carburant est importante, en regard de la figure 5.

En ce qui concerne V_{31} sur la figure 5, les instants t_1' et t_2' correspondent respectivement à l'instant t_1 de la figure 4 auquel le thyristor 603 devient conducteur pour augmenter la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, et à l'instant t_2 auquel le thyristor 604 devient conducteur pour abaisser la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31.

Avant l'instant t_1' , la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est réglée à

O V (voir V_{31} sur la figure 5). Dans ce cas, la pression P_{34} régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant 34 et la pression P_{40} régnant dans l'accumulateur 40 sont respectivement de 120 kg/cm^2 et 180 kg/cm^2 (voir P_{34} et P_{40} sur la figure 5). La soupape à pointeau 12 n'est pas actionnée par une telle différence de pression. Lorsque le piston atteint un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH, c'est-à-dire à l'instant t_1' , le thyristor 603 devient conducteur en élevant la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à environ 400 V, comme dans le cas de V_{31} de la figure 4. Ensuite le thyristor 603 est bloqué. Lorsque le moteur est au stade de l'alimentation en carburant sous pression, les pressions P_{34} et P_{40} montent de 120 kg/cm^2 à 450 kg/cm^2 et de 180 kg/cm^2 à 675 kg/cm^2 , respectivement, comme on l'a décrit en regard de la figure 4. Une telle augmentation de pression fait monter la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à environ 800 V. Au moment de l'injection, c'est-à-dire à l'instant t_2' , le thyristor 604 devient conducteur et le transistor 606 est débloquent, de sorte que la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 s'annule. Ainsi, la pression P_{34} régnant dans la chambre de réglage de pression de carburant 34 tombe rapidement à la valeur de 120 kg/cm^2 avant l'instant t_1' . En raison de cette chute de pression P_{34} , la différence ($675 \text{ kg/cm}^2 - 120 \text{ kg/cm}^2$) entre la pression P_{34} de la chambre de réglage de pression de carburant 34 et la pression P_{40} de l'accumulateur 40 est importante, par rapport à celle de la figure 4 qui représente le réglage de l'injection de carburant lorsque l'injection de carburant est faible. En conséquence, la levée de la soupape à pointeau 12 est également importante, par rapport à la figure 4, ce qui entraîne une injection de carburant plus importante à partir de l'orifice de gicleur 13, de sorte que le taux d'injection ER (voir ER sur la figure 5) est important, par rapport aux taux ER de la figure 4.

On peut, de cette façon, régler le taux d'injection selon la quantité d'injection de carburant. Ainsi, l'installation d'injection de carburant représentée sur la figure 1 a un domaine de fonctionnement dynamique plus étendu, ce qui permet d'améliorer le coût et l'émission de carburant et la suppression du bruit.

La figure 6 représente les caractéristiques dans le cas d'une injection-pilote, telles que la position du plongeur PL-L, la tension V_{31} du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, la pression P_{34} de la chambre 34, la pression P_{40} de l'accumulateur 40, et le taux d'injection ER. De façon analogue au cas représenté sur la figure 4, pour un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH (APMH), c'est-à-dire à l'instant t_1 , le thyristor 103 devient conducteur en élevant la tension du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à une valeur supérieure à 400 V, ce qui dilate le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31. De plus, pour un angle de vilebrequin de 10° avant le PMH (APMH), le thyristor 604 devient conducteur, en réglant la tension aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 à 400 V. Lorsque le moteur est au stade de l'alimentation en carburant sous pression, les pressions P_{34} et P_{40} montent de 70 à 100 kg/cm² et de 100 à 150 kg/cm², respectivement, de sorte que la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 monte à environ 500 V. Le thyristor 604 et le transistor 606 passent à l'état conducteur, de sorte que la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 prend une valeur d'environ 400 V pour un angle de vilebrequin de 10° avant le PMH (APMH), c'est-à-dire à l'instant t_2 . Alors, au PMH, c'est-à-dire à l'instant t_3 , la tension V_{31} aux bornes du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 diminue par paliers à environ 200 V, de sorte qu'une injection-pilote peut être effectuée, comme indiqué en ER sur la figure 6.

Par le réglage ci-dessus, on peut effectuer une injec-

tion-pilote présentant un faible taux d'injection, et une injection principale. On peut ainsi réduire les bruits pendant le ralenti.

On a représenté un autre mode de réalisation du circuit électrique sur la figure 7, et il est analogue au mode de réalisation représenté sur la figure 2, mais comporte un montage-série comprenant un thyristor 608 et une bobine 623 en parallèle sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31.

On a représenté sur la figure 8 l'injection-pilote devant être effectuée au moyen du circuit électrique 100a représenté sur la figure 7. Les courbes PL-L à ER de la figure 8 correspondent à celles de la figure 6. Pour un angle de vilebrequin de 10° avant le PMH (APMH), c'est-à-dire à l'instant t_2'' , le thyristor 604 devient conducteur et une partie de la charge du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est évacuée par l'intermédiaire du transistor 606 pour effectuer une injection-pilote. Alors le thyristor 603 devient conducteur en chargeant le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 et en faisant remonter la tension V_{31} à ses bornes à 500 V. Ensuite, le thyristor 608 devient conducteur en évacuant toute la charge du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, pour effectuer une injection-principale.

On a représenté sur la figure 9 encore un autre mode de réalisation du circuit électrique.

Le transistor 606 de la figure 2 est éliminé du circuit électrique 100b représenté sur la figure 9. La charge du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est évacuée par l'intermédiaire d'un thyristor 609 sur un condensateur 610 d'une capacité fixe. Après une très faible injection de carburant a lieu avec la soupape à pointeau 12 légèrement levée, et la charge restante du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est évacuée par l'intermédiaire du thyristor 608, ce qui permet une injection initiale de

carburant à un taux bas.

On peut faire cela pour tous les régimes de fonctionnement du moteur, ou pour réduire le bruit lorsque le moteur fonctionne au ralenti.

5 La figure 10 représente un circuit électrique 100c permettant de corriger le taux d'injection initial et la quantité d'injection initiale de chacun des cylindres, lorsque l'on utilise l'injecteur à accumulateur 1 selon la présente invention avec un moteur multicylindres.

10 Le circuit électrique 100c représenté sur la figure 10 comporte au lieu du montage série de la bobine 623 et du thyristor 608 représenté sur la figure 9, un montage parallèle comprenant une résistance 620 et un condensateur 625, et un thyristor 626 en série avec le montage parallèle,
15 montés en parallèle sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31. Les résistances 603 et 624 sont prévues pour évacuer la charge accumulée dans le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 selon des constantes de temps prédéterminées.

20 Le premier circuit d'évacuation de charge comprenant le thyristor 626, le condensateur 625 et la résistance 624, fonctionne pour une injection dans laquelle le taux d'injection initial est réglé à un très faible niveau.

 Le second circuit d'évacuation de charge comprenant la
25 bobine 622, le thyristor 609, le condensateur 610 et une résistance 607, est analogue à celui qui est représenté sur la figure 9. Ce circuit peut également effectuer une injection de carburant très réduite, la soupape à pointeau 12 étant légèrement levée.

30 Il y a lieu de noter qu'en ajustant la capacité de chacun des condensateurs 610 et 625 pour chaque cylindre, on peut ajuster le taux d'injection et la quantité d'injection pour chaque cylindre.

 En outre, le montage série du thyristor 608 et de la
35 bobine 623 représenté sur la figure 9 peut être prévu en

parallèle sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 dans le circuit représenté sur la figure 10. Ainsi, une injection principale peut être effectuée après deux injections-pilotes.

5 Comme on l'a décrit précédemment, avec les modes de réalisation de l'injecteur à accumulateur 1 représenté sur les figures 1 à 10, il est possible d'élargir le domaine dynamique du taux d'injection en réglant de façon arbitraire la quantité de charge évacuée du dispositif d'actionnement
10 piézo-électrique 31, ainsi que la levée de la soupape à pointeau 12.

Un tel domaine dynamique élargi permet d'améliorer le coût en carburant des moteurs à combustion interne, la maîtrise de l'évacuation des gaz d'échappement et la réduction
15 du bruit des moteurs.

La figure 11 représente un mode de réalisation de l'installation d'injection de carburant selon la présente invention.

Sur la figure 11, des injecteurs de carburant 1, 2, 3
20 et 4 sont prévus pour injecter le carburant dans la chambre de combustion d'un moteur, à raison d'un injecteur par cylindre. Ainsi, par exemple, pour un moteur à quatre cylindres, on prévoit quatre injecteurs. Ces injecteurs 1, 2, 3 et 4 sont alimentés sous pression en carburant à partir d'une
25 pompe d'injection de carburant 400 qui comporte seulement un mécanisme de dosage de type à un seul plongeur, et un nombre de plongeurs égal au nombre de cylindres, qui sont réalisés classiquement. Dans ce mode de réalisation, la pompe d'injection de carburant 400 est ce qu'on appelle une
30 pompe en canalisation (ou en ligne). Le carburant sous pression provenant de la pompe d'injection 400 passe d'un orifice d'admission 11 dans l'accumulateur 40 de l'injecteur de carburant 1, et il est injecté à partir d'un orifice d'éjection 13, selon l'ouverture et la fermeture d'une soupape à pointeau 12. L'instant d'alimentation en carburant par la pompe
35

d'injection ne correspond pas au PMH de chaque cylindre, comme dans l'installation d'injection de carburant classique, mais elle a déjà été effectuée auparavant à un instant correspondant, par exemple, à un angle de vilebrequin de 60° avant le PMH (APMH). La quantité de carburant fournie une fois par la pompe d'injection est réglée selon l'angle d'ouverture de levier de la pompe d'injection, comme il est bien connu.

Une canalisation de carburant 70, reliant la pompe d'injection de carburant 400 à chacun des injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4, est reliée, à l'une de ses extrémités, à l'orifice de refoulement (de décharge) de la pompe d'injection de carburant 400, elle est divisée à mi-chemin en plusieurs branches correspondant au nombre de cylindres, et les extrémités de la canalisation ramifiée sont reliées aux orifices d'admission 11 d'injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4, respectivement. On prévoit, plus près de la pompe d'injection 400 que le point de ramification de la canalisation de carburant 70, une unité de variation de volume 500, comme moyen d'augmentation et de diminution de la pression de carburant dans la canalisation de carburant 70. Comme on le décrira plus loin, le fonctionnement de l'unité de variation de volume 500 est solidaire de l'actionnement d'une pédale d'accélérateur 80 ayant pour effet de modifier la pression de carburant dans la canalisation de carburant 70 c'est-à-dire d'augmenter la pression de carburant lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur est importante et de diminuer la pression lorsque l'ouverture est faible.

La structure de l'injecteur de carburant 1 est analogue à celle de l'injecteur de carburant représenté sur la figure 1, la soupape à pointeau 12 se composant d'un seul élément.

La pompe d'injection de carburant 400 est réalisée de la façon décrite ci-après. La pompe d'injection 400 comporte un plongeur 401, mais elle ne comporte pas de mécanisme de

répartition pour répartir le carburant entre chacun des injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4, ni de mécanisme distributeur pour régler le déroulement de l'injection dans le temps. Un plongeur 401 est logé de façon à pouvoir
5 coulisser dans un alésage cylindrique 403 formé dans un carter 402, et il est agencé de façon à pouvoir effectuer des mouvements de va-et-vient à une cadence correspondant à la moitié de la vitesse d'un moteur. Cependant, le plongeur 401 peut être agencé de façon que le mouvement de va-
10 et-vient puisse avoir lieu à une cadence correspondant à un rapport de 1/1, 2/1 ou analogue, en plus de la moitié (1/2) de la vitesse du moteur, selon la capacité de pompage. Par exemple, lorsque le mouvement de va-et-vient doit avoir lieu en synchronisme avec la demi-vitesse du moteur, la force
15 motrice est transmise du vilebrequin du moteur à un arbre d'entraînement 405 par l'intermédiaire de pignons ou d'une courroie de distribution, et le plongeur 401 effectue des mouvements de va-et-vient verticalement à partir de la demi-vitesse du moteur, grâce à une came de portée présente
20 sur l'arbre d'entraînement 405. Ainsi, un poussoir 407 formé à l'extrémité inférieure du plongeur 401 bute contre la came de portée 406 et est toujours sollicité vers le bas sur la figure par un ressort 408, et le plongeur 401 effectue des
25 mouvements de va-et-vient en suivant le profil de la came 406, lorsque l'arbre d'entraînement 405 tourne.

Une chambre de variation de pression 418, délimitée par une face terminale supérieure 404 du plongeur 401 et l'alésage cylindrique 403, se dilate et se contracte, au cours du mouvement de va-et-vient du plongeur 401. Lorsque
30 la chambre de variation de pression 418 se dilate, le carburant amené sous pression par le carter 402 est aspiré dans la chambre de variation de pression 418 par un orifice d'admission 417 formé dans le carter 402 et, lorsque la chambre de variation de pression 418 se contracte, le carburant de
35 la chambre de variation de pression 418 provoque l'ouverture

d'une soupape de refoulement 410 et le carburant est déchargé dans la canalisation de carburant 70 par un orifice de décharge ou refoulement 411. La soupape de refoulement 410 comporte un corps de soupape 412 pour fermer la chambre de variation de pression 418 et un ressort 413 pour solliciter le corps de soupape 412 vers la chambre de variation de pression 418. Le corps de soupape 412 s'ouvre selon le niveau de pression de la chambre de variation de pression 418, en laissant passer du carburant dans la canalisation de carburant 70. Lorsque la pression de la chambre de variation de pression 418 devient faible, le corps de soupape 412 se déplace vers la chambre de variation de pression 418 sous l'action du ressort 413, et la pression de la canalisation de carburant 70 diminue. Ainsi, la soupape de refoulement 410 joue à la fois le rôle d'une soupape de retenue et d'une soupape de rétraction.

Le plongeur 401 comporte un trajet en spirale 414 formé sur sa surface, un trajet axial 514 qui y est ménagé et communique avec la chambre de variation de pression 418, et un trajet radial 416 et 415. Lorsque le plongeur 401 descend (lorsqu'on regarde le dessin), la face terminale supérieure 404 du plongeur 401 s'écarte de l'orifice d'admission 122 et la chambre de variation de pression 418 communique avec l'orifice d'admission 122, de sorte que du carburant est envoyé dans la chambre de variation de pression 418 par l'intermédiaire de la pompe d'alimentation 409. Lorsque le plongeur 401 a atteint le point mort bas et recommence alors à monter, il ferme l'orifice d'admission 417 pour comprimer le carburant de la chambre de variation de pression 418. Le carburant sous pression (pressurisé) provoque l'ouverture de la soupape de refoulement 410, et il se décharge dans la canalisation de carburant 70. Le plongeur 401 continuant à monter, le trajet en spirale 414 communique avec l'orifice d'admission 417, de sorte que le carburant de la chambre de variation de pression 418 revient

dans la pompe d'alimentation 409 par l'orifice d'admission 417. Ainsi, l'alimentation en carburant sous pression est achevée. A ce moment, la pression de carburant de la canalisation de carburant 70 est réduite par l'action de rétraction de la soupape de refoulement 410.

La quantité de carburant débitée par la pompe d'injection de carburant 400 est ajustée par rotation du plongeur 401 pour modifier la position du plongeur 401 dans laquelle le trajet en spirale 414 communique avec l'orifice d'admission 417. Par exemple, dans l'état montré sur la figure 10, la communication est d'abord établie entre l'orifice d'admission 417 et le trajet en spirale 414. Par conséquent, la quantité de carburant débitée est faible. Au contraire, lorsque le plongeur 401 tourne dans le sens dextrorsum (dans le sens des aiguilles d'une montre, en vue de dessus), la communication entre l'orifice d'admission 417 et le trajet 414 est retardée, de sorte que la quantité de fluide débitée est importante. Pour effectuer cette rotation du plongeur 401, on prévoit une cannelure 420 comportant de nombreux creux qui y sont formés verticalement. Un pignon 421 s'emboîte dans la cannelure 420 de façon à pouvoir y coulisser. Le pignon 421 engrène avec une crémaillère 423 solidarisée avec l'organe de manoeuvre de la pédale d'accélérateur 80 au moyen d'une biellette 422 et il tourne selon l'ouverture de la pédale d'accélérateur. Ainsi, lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur est faible, la crémaillère 423 est positionnée à gauche sur le dessin en limitant la quantité de carburant débitée et, lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur est importante, la crémaillère 423 se déplace vers la droite en augmentant la quantité de carburant débitée.

On va décrire ci-après la structure de l'unité de variation de volume 500. L'unité de variation de volume 500 comporte un carter ou boîtier 501 dans lequel sont formés un alésage de grand diamètre 502 et un alésage de petit

30

diamètre 503. L'alésage de petit diamètre 503 abrite un piston 504 qui peut y coulisser et délimite une chambre de pression 505. La chambre de pression 505 communique avec la canalisation de carburant 70, et elle se dilate et se contracte, lorsque le piston 504 s'avance et se rétracte, ce qui fait varier la pression de carburant dans la canalisation de carburant 70. Il y a lieu de noter que le piston 405 a un diamètre de 4 mm et une course de 10 mm. Le carburant transféré de la chambre de pression 505 dans l'alésage de grand diamètre 502 revient dans le réservoir de carburant par un orifice 513 formé dans le carter 501.

La base du piston 504 fait saillie à l'intérieur de l'alésage de grand diamètre 502 et contacte une came de portée 506. La came 506 est montée à force sur un arbre de rotation 507 dont l'une des extrémités est supportée dans une portion concave formée dans la paroi intérieure du carter 501 et l'autre extrémité pénètre dans le carter 501. Un levier 508 est fixé à l'extrémité en saillie. Le levier 508 est accouplé à la pédale d'accélérateur 80 par une bielle 514. Le levier 508 est retenu entre une portion de bride 511 et un écrou 512 pour empêcher le déplacement vertical dudit levier 508. Un joint torique 509 est prévu entre l'arbre de rotation 507 et le carter 501, pour empêcher les fuites de carburant. La portion de l'arbre de rotation 507 qui fait saillie du carter 501 comporte un circlips 510 placé sur lui pour empêcher le déplacement vertical par l'arbre de rotation 507.

La figure 12 représente la position relative entre la came 506 et le levier 508. Comme il ressort de cette figure, le levier 508 est prévu dans la même direction que le plus grand diamètre de la came 506. Lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur est faible, le piston 504 bute contre la portion de petit diamètre de la came 506, comme indiqué en trait plein. Ainsi, le piston 504 est déplacé vers la droite de la figure par la pression régnant dans la chambre

de pression 505. Lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur est importante, le piston 504 se déplace vers la gauche, comme indiqué en tirets, en réduisant le volume de la chambre de pression 505. Il y a lieu de noter que, du fait que la pression régnant dans la chambre de pression 505 agit sur la face terminale du piston 504, le piston 504 est toujours sollicité vers la came 506 et, par conséquent, il n'y a pas besoin de ressort ou dispositif analogue. De plus, du fait que le levier 508 est plusieurs fois plus long que le diamètre de la came 506, la force nécessaire appliquée à la pédale d'accélérateur 80 peut être réduite, selon le rapport entre la longueur du levier et le diamètre de la came de portée.

Dans ce mode de réalisation, l'injection de carburant a lieu de la façon suivante.

Lorsqu'un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH de compression est atteint pour un cylindre du moteur, la pompe d'injection de carburant commence à envoyer le carburant sous pression aux injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4, simultanément. Le carburant sous pression est amené aux injecteurs 1, 2, 3 et 4 par la canalisation de carburant 70. Dans l'injecteur 1, le carburant provenant de la canalisation 70 parvient dans l'accumulateur 40 en passant par le trajet 54, la soupape de retenue 50, l'évidement radial 56 et la soupape de retenue 51. De plus, à ce moment, le carburant passant par la soupape de retenue 50 et l'évidement radial 56 pénètre dans la chambre de réglage de pression de carburant 34.

En ce qui concerne la pression de carburant agissant sur la soupape à pointeau 12, l'aire recevant la composante de pression dirigée vers le bas est égale à l'aire de section de la barre de réception de pression 121 de la soupape à pointeau 12, et l'aire recevant la composante de pression agissant vers le haut est égale à l'aire de section de la barre de réception de pression 121 moins une portion de

l'extrémité inférieure du corps de soupape 122 qui est en contact étroit avec la surface de siège 46. Par conséquent, la composante de la pression de carburant agissant vers le bas sur la soupape à pointeau 12 est supérieure à la composante agissant vers le haut. De plus, l'élasticité du ressort 41 agit vers le bas sur la soupape à pointeau 212. Ainsi, la soupape à pointeau 12 est maintenue sur son siège, fermant l'orifice d'éjection 13, de sorte que le carburant comprimé envoyé dans l'injecteur à accumulateur 1 pénètre dans l'accumulateur 40 et la chambre de réglage de pression de carburant 34 et y est emmagasiné sous pression. L'alimentation en carburant provenant de la pompe d'injection de carburant 400 s'achève pour un angle de vilebrequin de 60° avant le PMH, de sorte que les soupapes de retenue 50 et 51 se ferment, si bien que l'accumulateur 40 et la chambre de réglage de pression de carburant 34 sont mutuellement isolés. La soupape de refoulement 410 de la pompe d'injection de carburant 400 se rétracte alors, de sorte que la pression régnant dans la canalisation de carburant 70 est inférieure à celle régnant dans l'accumulateur 40 et la chambre de réglage de pression de carburant 34.

Lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se contracte à un moment choisi, par exemple au PMH, le volume de la chambre de réglage de pression de carburant 34 augmente. La soupape à pointeau 12 monte selon l'augmentation de volume, l'orifice d'éjection 13 s'ouvre et le carburant de l'accumulateur 40 est injecté dans la chambre de combustion du moteur. La pression de carburant de l'accumulateur 40 diminue en raison de l'injection de carburant, et la soupape à pointeau 12 descend corrélativement. Enfin, la soupape à pointeau 12 se place sur la surface de siège 56, fermant ainsi l'orifice d'éjection 13, ce qui achève l'injection de carburant.

Les autres injecteurs de carburant 2, 3 et 4 effectuent également le fonctionnement ci-dessus séquentiellement, et

l'injection de carburant a lieu dans chacun des cylindres. Ainsi, un tour complet du moteur est effectué. Les figures 13a, 13b, 13c et 13d représentent le déroulement de l'injection de carburant pour chacun des cylindres. La figure 13a
5 représente la pression dans la canalisation de carburant 70, la figure 13b représente le signal d'attaque du dispositif d'actionnement piézo-électrique, la figure 13c représente la pression dans l'injecteur de carburant et la figure 13d représente la variation du taux d'injection. Sur ces figures,
10 les références numériques sont les mêmes que celles utilisées pour les injecteurs de carburant des autres figures. Sous l'action de la pompe d'injection de carburant 400, la pression de la canalisation de carburant 70 augmente (comme indiqué sur la figure 13a), de sorte que la pression dans les
15 injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4 augmente également (comme indiqué sur la figure 13c). Le signal d'attaque du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 est délivré pour les injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4 dans cet ordre (comme indiqué sur la figure 13b), de sorte que le dispositif
20 d'actionnement piézo-électrique 31 correspondant à chacun des injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4 se contracte, après s'être dilaté. La pression des injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4 augmente pendant que le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se dilate, puis la pression tombe brus-
25 quement, en raison de la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 (comme indiqué sur la figure 13c). Lors de cette contraction, une injection de carburant a lieu (comme indiqué sur la figure 13d). Ensuite, le carburant est de nouveau débité par la pompe d'injection de carburant 400,
30 la pression dans la canalisation de carburant 70 augmente et les opérations ci-dessus se répètent.

Si l'alimentation en carburant à partir de la pompe d'injection en carburant 400 est faible, c'est-à-dire si la quantité d'injection de carburant est faible, la pression
35 est faible à la fois dans la chambre de réglage de pression

de carburant 34 et dans l'accumulateur 40, de sorte que la pression de carburant est faible à la fois au début et à la fin de l'injection de carburant. Par conséquent, après la terminaison de l'injection de carburant, la chambre de réglage de pression de carburant 34 et l'accumulateur 40 attendent une charge de carburant en provenance de la pompe d'injection de carburant 400, alors que la pression qui y règne est faible par rapport à celle du cas où la quantité d'injection de carburant est importante. Ainsi, du fait que la pression de la chambre de réglage de pression de carburant 34 et de l'accumulateur 40 varie, après l'injection de carburant, en fonction de la quantité de carburant injectée, la réaction à la variation de la pression d'injection est retardée au moment de l'accélération ou de la décélération, lorsque la quantité de carburant fournie par la pompe d'injection de carburant 400 varie, sauf si l'on prend des contre-mesures. Pour empêcher ce retard de réaction, on prévoit une unité de variation de volume 500 selon la présente invention.

Lorsqu'on enfonce la pédale d'accélérateur 80, par exemple, pour augmenter la quantité de carburant injecté, le volume de la chambre de pression 505 diminue et l'intérieur de la canalisation de carburant 70 est pressurisé, de sorte que la pression de carburant y monte rapidement. La pression de carburant augmente d'environ 100 atmosphères, lorsque le volume du système se contracte de 1 %. Du fait de la valeur de la pression dans la canalisation d'injection de carburant 70, lorsque le piston 504 de l'unité de variation de volume 500 se déplace de 5 mm, il en résulte une augmentation de pression d'environ 300 kgf/cm². Au contraire, lorsque l'on réduit l'ouverture de la pédale d'accélération 80 pour ralentir, le piston 504 est ramené par la pression de carburant, de sorte que la pression dans la canalisation de carburant 70 diminue. Lorsque le moteur tourne normalement, le piston 504 est en position fixe et la pression de la cana-

lisation de carburant 70 ne varie pas. Au moment de l'accélération ou de la décélération, le piston 504 se déplace, de sorte qu'on obtient rapidement une pression d'injection requise, c'est-à-dire une injection de carburant requise.

5 comme on l'a décrit précédemment, dans le présent mode de réalisation, on prévoit une unité de variation de volume 500 dans la canalisation de carburant 70 entre la pompe d'injection de carburant 400 et chacun des injecteurs 1, 2, 3 et 4. Cette unité de variation de volume 500 est
10 solidaire du mouvement de la pédale d'accélération 80 et, lorsque l'ouverture de la pédale d'accélération 80 est faible, le volume de la chambre de pression 505 devient important, et il devient faible lorsque l'ouverture de la pédale d'accélérateur 80 est importante. De plus, l'injecteur 1 accumule
15 le carburant amené sous pression dans son accumulateur 40, et le carburant peut être injecté de l'orifice d'éjection 13 dans la chambre de combustion du moteur par actionnement du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 lorsque c'est nécessaire

20 Par conséquent, ce mode de réalisation est avantageux en ce qui concerne les points suivants.

 1) Le mécanisme distributeur et le nombre de plongeurs correspondant au nombre de cylindres du moteur, nécessaires dans une pompe en canalisation classique, sont inutiles, et
25 l'on peut utiliser, à la place, une pompe d'injection de carburant 400 d'une structure très simple et comportant seulement un mécanisme de réglage de volume.

 2) En utilisant l'unité de variation de volume 500, on peut effectuer l'injection de carburant avec un très bon
30 suivi, lors de toute manoeuvre d'accélération ou de décélération.

 3) L'unité de variation de volume 500 permet, lorsque la charge du moteur est faible, d'augmenter le volume et de diminuer la pression dans la canalisation 70, ce qui diminue
35 la pression d'injection des injecteurs 1, 2, 3 et 4, et in-

versement, lorsque la charge du moteur est importante, d'augmenter la pression d'injection des injecteurs 1, 2, 3 et 4, ce qui est préférable du point de vue du comportement du moteur.

5 Lorsque la pompe d'injection de carburant 400 est entraînée à la même vitesse que celle du moteur ou à une vitesse double de celle du moteur, la pression de carburant peut varier plus rapidement en réaction à l'augmentation ou à la diminution de la quantité d'injection de carburant, ce qui
10 permet d'améliorer encore les réactions aux manoeuvres d'accélération et de décélération.

 Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 11, une pompe d'injection de carburant 400, appelée normalement "pompe en canalisation (ou pompe "en ligne"), est utilisée, mais l'on peut utiliser une pompe d'injection de
15 carburant du type de type à répartition, telle qu'une pompe connue sous la dénomination commerciale "Bosch type VE", au lieu de la pompe en canalisation, et elle aura le même effet que dans le présent mode de réalisation. Dans ce dernier cas,
20 il n'est pas nécessaire de prévoir de mécanisme de répartition de carburant entre les cylindres et, lorsqu'on utilise l'injecteur de carburant pour chaque cylindre de, par exemple, un moteur à quatre cylindres, la pompe peut être entraînée à la moitié de la vitesse du moteur. De plus, il n'est
25 pas nécessaire de prévoir une soupape de refoulement par cylindre, mais il suffit de prévoir une soupape de refoulement dans la chambre de pression de la pompe, ce qui supprime le mécanisme de répartition du carburant. Ainsi, la pompe d'injection de carburant peut être d'une structure très
30 simple.

 Les figures 14a, 14b, 14c et 14d représentent les opérations d'injection de carburant, respectivement, de chaque cylindre selon un autre mode de réalisation de la présente invention dans lequel on utilise une pompe à répartition, comme pompe d'injection de carburant 400. Les figures
35

14a à 14d représentent des graphes semblables à ceux des figures 13a à 13d. Comme le montre une comparaison entre ces graphes des figures 14a à 14d et des figures 13a à 13d, la variation de pression de refoulement (de décharge) de la pompe d'injection de carburant 400 (telle qu'indiquée sur les figures 13a et 14a) et la variation de la pression de l'injecteur de carburant (telle qu'indiquée sur les figures 13c et 14c) sont différentes dans ces modes de réalisation. Selon le présent mode de réalisation, le plongeur de la pompe d'injection de carburant 400 effectue des mouvements de va-et-vient 4 fois par cycle du moteur, et la pression de la canalisation de carburant 70 augmente 4 fois par cycle du moteur. La pression des injecteurs de carburant 1, 2, 3 et 4 augmente une fois lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 de l'injecteur de carburant se dilate, puis elle diminue lorsque le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se contracte (comme sur la figure 14a). D'autre part, la chute de pression provoque l'écoulement du carburant dans l'injecteur par lequel l'injection de carburant a été effectuée, par l'intermédiaire de la canalisation de carburant 70, et la pression de l'injecteur de carburant reprend la valeur qu'elle avait avant la dilatation et la contraction du dispositif d'actionnement 31.

La figure 15 représente un autre mode de réalisation de l'unité de variation de volume.

L'unité de variation de volume 550 utilise la dépression engendrée dans le moteur pour modifier la pression de carburant dans la canalisation de carburant 701. Dans un moteur Diésel, elle utilise la dépression de la pompe à vide et, lorsqu'une unité d'obturateur d'admission est prévue, elle utilise la dépression dans le collecteur. Pour un moteur à essence, la dépression dans le collecteur est utilisée pour modifier le volume de la canalisation de carburant 70, selon la charge du moteur.

L'unité de variation de volume 550 comporte un carter

ou boîtier 551 qui comprend un élément formant couvercle 551b fixé à l'élément 551a cylindrique constituant un fond au moyen de boulons 552. Un alésage 553 est formé dans le couvercle 551b et délimite une chambre de pression 555 dans laquelle un piston 554 est reçu de façon à pouvoir coulisser. La chambre de pression 555 communique avec la canalisation de carburant 70. Un disque 556 logé dans le carter 551 est formé du côté du piston opposé à la chambre de pression 555. Un diaphragme 557 est fixé par son bord circonférentiel extérieur entre l'élément cylindrique constituant un fond 551a et le couvercle 551b et, par son bord circonférentiel intérieur, entre le disque 556 et un élément de retenue 558. L'élément de retenue 558 est fixé au disque 556 par serrage d'un écrou 560 sur une portion filetée 559 faisant saillie du disque 556. Ainsi, une chambre de variation de pression 561 est formée à côté du fond cylindrique 551a dans le carter 551, et une chambre à la pression atmosphérique 565 est formée à côté du couvercle 551b. Un ressort 562 est prévu dans la chambre de variation de pression 561, lequel ressort sollicite le piston 554 vers la chambre de pression 555 par l'élément de retenue 558.

Un tuyau 563, prévu sur l'élément de fond cylindrique 551a, est relié à une source de dépression (par exemple une pompe à vide) et communique avec la chambre de variation de pression 561 par un trajet 564. D'autre part, un tuyau d'évacuation 566, prévu dans le couvercle 551b, débouche dans l'atmosphère et communique avec la chambre à la pression atmosphérique 565. Ainsi, le piston 554 se déplace selon la dépression transmise à la chambre de variation de pression 561, en modifiant le volume de la chambre de pression 555. Il y a lieu de noter que l'avancement du piston 554 est limité par une paroi intérieure 551c du couvercle 551b.

Ainsi, le piston 554 est sollicité vers la gauche par la pression de la chambre de pression 555 qui agit sur la face terminale du piston 554, et par la dépression de la

chambre de variation de pression 561 qui agit sur le diaphragme 557. Ainsi, le piston 554 est positionné selon l'équilibre entre ces deux pressions. Du fait que la dépression est importante lorsque la charge du moteur est faible, le piston 554 se déplace vers la gauche du dessin, de sorte que le volume de la chambre de pression 555 augmente. Inversement, du fait que la dépression est faible lorsque la charge du moteur est élevée, le piston 554 se déplace vers la droite du dessin sous l'action du ressort 562, ce qui entraîne une diminution du volume de la chambre de pression 555. Ainsi, l'unité de variation de volume 550 de ce mode de réalisation a le même effet que l'unité de variation de volume 550 du premier mode de réalisation. Ainsi, lorsque la charge du moteur est élevée, l'injection de carburant a lieu sous une haute pression et, lorsque la charge du moteur est faible, l'injection a lieu sous une basse pression, ce qui permet une amélioration du comportement du moteur. De plus, la réaction au moment de l'accélération et de la décélération peut être améliorée.

La figure 16 représente une installation d'injection de carburant comportant une unité de réglage de pression de carburant 700.

Une pompe connue sous la dénomination commerciale "Bosch type VR" est agencée en pompe d'injection de carburant 800, et un injecteur de carburant 1 présentant la même structure que celui représenté sur la figure 11 est utilisé. L'unité de réglage de pression de carburant 700 est fixée à un carter 801 de la pompe d'injection de carburant 800 pour régler la pression du carburant envoyé sous pression à l'injecteur 1 à partir de la pompe d'injection de carburant 800.

Dans un alésage 802 formé dans le carter 801 de la pompe d'injection de carburant 800, un plongeur 803 est disposé de façon à pouvoir coulisser et à tourner autour de l'axe de l'alésage 802. Une chambre de variation de pression 804 est délimitée par la face terminale supérieure du plon-

geur 803 et par l'alésage 802, et une came 805 formée sur la face terminale postérieure du plongeur 804 est repoussée vers l'arrière par un ressort 806 et est toujours en contact avec un galet 808 disposé sur un disque 807. En conséquence, lorsque le plongeur 803 tourne et est entraîné en synchronisme avec la rotation du moteur par un mécanisme non représenté sur le dessin, comme dans la technique classique, le plongeur 803 effectue des mouvements de va-et-vient en raison du contact entre la came 805 et le galet 808 en dilatant et en contractant la chambre de variation de pression 804. Une encoche 810 et un orifice 811, qui communiquent avec la chambre de variation de pression 804, sont formés dans le plongeur 803. L'encoche 810 peut communiquer avec une chambre de pompage 813 formée dans le carter 801 par un trajet 812, et l'orifice 811 peut communiquer avec l'extérieur de la pompe 800 par un trajet 815 comportant une soupape de refoulement 814. En conséquence, lorsque le plongeur 803 se rétracte, le trajet 812 communique avec l'encoche 810 en aspirant du carburant contenu dans la chambre 813 dans la chambre de variation de pression 804, et lorsque le plongeur 803 s'avance alors, le trajet 812 est déconnecté de l'encoche 810, mais l'orifice 811 communique avec le trajet 815, de sorte que du carburant de la chambre de variation de pression est refoulé à l'extérieur, en même temps que la soupape de refoulement 814 s'ouvre. La soupape de refoulement 814 comprend un ressort 816 et un corps de soupape 817 et elle s'ouvre lorsque la pression de la chambre de pression devient supérieure d'une certaine valeur à la pression extérieure.

La pompe d'injection de carburant 800 présente la structure ci-dessus et ne comporte ni mécanisme distributeur, ni mécanisme régulateur, ni soupape d'interruption de carburant. On peut ainsi utiliser une pompe de structure simple, susceptible de débiter de façon intermittente une quantité de carburant prédéterminée, comme pompe d'injection de carburant 800.

L'injecteur de carburant 1 est agencé pour injecter du carburant dans une chambre de combustion du moteur, à raison d'un injecteur 1 par cylindre, chaque injecteur 1 étant relié à la pompe d'injection de carburant 800 par un tuyau 820. Le tuyau 820 a l'une de ses extrémités reliée à une portion de sortie de la soupape de refoulement 814 et son autre extrémité reliée à un orifice d'admission 11 formé dans le carter de l'injecteur 1. Du fait que la structure de l'injecteur 1 est identique à celle représentée sur la figure 11, on ne l'expliquera pas.

Un carter ou boîtier de l'unité de réglage de pression de carburant 700 comprend un support de soupape cylindrique 701 vissé au carter 801 de la pompe d'injection 800 et un élément de retenue 802 vissé au carter 801 du côté opposé au support de soupape 701. Une saillie annulaire 703 est formée sur la face terminale du support de soupape 701 et l'étanchéité à l'air est maintenue dans la chambre de variation de pression 804 par compression de la saillie annulaire 703 sur la face terminale du carter 801. Un joint 704 est disposé entre le support de soupape 701 et l'élément de retenue 702. Un alésage 710 est formé dans le support de soupape 701 et un petit orifice 711 est formé dans le support de soupape 702 du côté proche de la chambre de variation de pression 804. L'intérieur de l'alésage 710 communique avec la chambre de variation de pression 804 par le petit orifice 711.

Une soupape de commande 712 comprend une section de grand diamètre 713 et une section de petit diamètre 715 dépassant de la face terminale 714 de la section de grand diamètre 713, et la section de grand diamètre 713 est supportée de façon à pouvoir coulisser sur la paroi intérieure de l'alésage 710 et une chambre de pression 716 est délimitée par la face terminale 714 et l'alésage 710. La section de petit diamètre 715 comporte une première section effilée conique 717 et une seconde section effilée 718 formée sur l'extrémité supérieure de la première section effilée 717

et présentant une forme conique plus effilée que celle de la première section effilée (conique) 717. Une portion (ou section) d'étanchéité annulaire 719 formée entre les portions (ou sections) coniques 717 et 718 peut être en contact étroit avec une portion de siège conique 720 formée dans le petit orifice 711 au niveau de la partie débouchant dans la chambre de pression 716.

Lorsque la portion d'étanchéité 719 est en place sur la portion de siège 720, le petit orifice 711 est obturé et la chambre de pression 716 est isolée de la chambre de variation de pression 804 et, lorsque la portion d'étanchéité 719 est séparée de la portion de siège 720, le petit orifice 711 est ouvert et la chambre de pression 716 est reliée à la chambre de variation de pression 804. La portion de la soupape de commande 712 sur laquelle agit la pression de la chambre de variation de pression 804 est la face intérieure de la portion d'étanchéité 719 lorsque le petit orifice 711 est obturé, ou la face terminale 714 lorsque le petit orifice 711 est ouvert. Dans le présent mode de réalisation, le diamètre de la portion d'étanchéité 719 est de 3 mm et le diamètre de la face terminale 714 est de 15 mm. En conséquence, l'aire de réception de pression de la soupape de commande 712 au moment de l'ouverture du petit orifice 711 est 25 fois supérieure à l'aire de réception de pression de la soupape de commande 712 au moment de l'obturation du petit orifice 711.

Une chambre de poussée 721 est formée sur la soupape de commande 712 du côté opposé à la chambre de pression 716. La section de grand diamètre 713 est évidée du côté proche de la chambre de poussée 721. Un ressort 722 est disposé entre l'intérieur de la section de grand diamètre 713 et la paroi terminale de la chambre de poussée 721, c'est-à-dire l'élément de retenue 702, pour solliciter la soupape de commande 712 dans le sens de fermeture du petit orifice 711. En conséquence, la soupape de commande 712 est normalement

amenée à fermer le petit orifice 711 sous l'action du ressort 722. Un guide 723 fait saillie au centre de la face terminale de l'élément de retenue 702 et il contacte le ressort 722 pour empêcher le ressort 722 de s'écarter de sa position, et un trajet 724 est établi pour ramener le carburant qui fuit dans la chambre de poussée 721 à partir de la chambre de pression 716 dans un réservoir de carburant (non représenté). En outre, des joints toriques 725 et 726 sont montés sur la section de grand diamètre 713 pour empêcher le carburant de s'échapper de la chambre de pression 716 dans la chambre de poussée 721.

Une soupape de retenue 730 est disposée sur le support de soupape 701, de façon que la chambre de pression 716 puisse communiquer avec la chambre de variation de pression 804. La soupape de retenue 730 comprend une bille 731, un ressort 732, et une vis d'arrêt 733, et elle est normalement fermée, et la soupape de retenue 730 s'ouvre lorsque la pression de la chambre de pression 716 dépasse d'au moins une certaine valeur la pression de la chambre de variation de pression 804.

On va décrire à présent le fonctionnement du présent mode de réalisation présentant la structure précitée.

Le plongeur 803 de la pompe d'injection de carburant 800 se déplace selon la forme de la came 805, représentée sur la figure 17, en exerçant un effet de pompage. Lorsque le piston d'un certain cylindre du moteur atteint la position correspondant à un angle de vilebrequin de 90° avant le PMH, la pompe d'injection de carburant 800 commence à injecter du carburant vers l'injecteur 1 de ce cylindre, et la pompe d'injection de carburant 800 achève l'injection dans la position correspondant à un angle de vilebrequin de 60° avant le PMH. Le carburant est guidé vers l'orifice d'admission 11 de l'injecteur 1 par le tuyau 850 et il ouvre la soupape de retenue 50 par l'intermédiaire du trajet 54. Alors, ce carburant est guidé vers la chambre de réglage de

pression 34 par le trajet radial 56, il ouvre la soupape de retenue 51, et il s'écoule dans l'accumulateur 40. En conséquence, la pression de l'accumulateur 40 augmente lorsque le plongeur 803 avance, comme le montre la figure 7 (référence P).

5 Lorsque la pression de la chambre de variation de pression 804, du tuyau 850 et de l'accumulateur 40 augmente à un niveau prédéterminé (par exemple, 300 kgf/cm^2), la soupape de commande 712 se déplace en s'opposant à l'action
10 du ressort 722 en ouvrant le petit orifice 711. En conséquence, une partie du carburant de la chambre de variation de pression 804 s'écoule dans la chambre de pression 716 et la pression de la chambre de pression 716 monte brusquement, comme l'indique le symbole S de la figure 17, tandis que la
15 pression de la chambre de variation de pression 804 diminue. Dans le présent mode de réalisation, décrit ci-dessus, lorsque le petit orifice 711 passe de l'état fermé à l'état ouvert, l'aire de réception de pression de la soupape de commande 712 est multipliée par 25. En conséquence, de par
20 l'ouverture de la chambre de commande 712, la pression de la chambre de variation de pression 804 diminue de 300 kgf/cm^2 à 12 kgf/cm^2 . En conséquence, le carburant reste sous une pression de 12 kgf/cm^2 dans la chambre de variation de pression 804 et la chambre de pression 716, comme l'indique le symbole (la
25 référence) T sur la figure 17. Lorsque la soupape de commande 712 s'ouvre ainsi, le corps de soupape 817 de la soupape de refoulement 814 se déplace vers la gauche du dessin, de sorte que la pression du tuyau 850 diminue. En même temps, la soupape de retenue 50 se ferme et, par conséquent, la pression
30 de l'accumulateur 40 se maintient à un certain niveau (300 kgf/cm^2) (référence Q).

A un instant optionnel, par exemple en un point proche du point mort haut de compression, si un signal d'attaque tel que représenté sur la figure 17 est émis par le circuit d'at-
35 taque pour contracter le dispositif d'actionnement piézo-

électrique 31, le piston 32 monte en diminuant la pression de la chambre de réglage de pression 34 de sorte que la soupape à pointeau 12 monte en ouvrant l'orifice d'éjecteur 13. De ce fait, du carburant contenu dans l'accumulateur 40 est injecté dans la chambre de combustion du moteur à partir de l'orifice d'éjection 13. Après l'injection d'une quantité de carburant prédéterminée, comme indiqué sur la figure 17, le dispositif d'actionnement piézo-électrique 31 se dilate en faisant descendre le piston 32, de sorte que la pression de la chambre de réglage de pression 34 augmente en faisant descendre la soupape à pointeau 12 et en fermant l'orifice d'éjection 13. Ainsi, l'injection de carburant s'achève. En conséquence, le taux d'injection de carburant varie, comme indiqué sur la figure 17, et avec cette variation du taux d'injection de carburant, la pression de l'accumulateur 40 varie, comme indiqué par le symbole R de la figure 17. La quantité d'injection de carburant est déterminée par le temps de contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique 31, et la pression de carburant au moment de l'ouverture de la soupape à pointeau 12 n'est pas influencée par la quantité d'injection de carburant, mais est toujours fixée à 300 kgf/cm^2 .

Lorsque le plongeur 803 de la pompe d'injection de carburant 800 se déplace vers la gauche de la figure 16, selon la forme de la came 805, et que l'aspiration de carburant contenu dans la chambre de pompage 813 dans la chambre de variation de pression 804 démarre, du carburant de la chambre de pression 716 passe dans la chambre de variation de pression 804 par le petit orifice 711. Ainsi, le plongeur 803 est rétracté par la pression de carburant (12 kgf/cm^2) de la chambre de pression. A ce moment, la soupape de commande 712 se déplace vers le petit orifice 711, selon le débit de carburant provenant de la chambre de pression 716. Une fois que l'obturateur 719 s'est placé sur la portion de siège 720 en fermant le petit orifice 711, lorsque le plongeur 803

continue à se déplacer vers la gauche, la soupape de retenue 730 s'ouvre et du carburant de la chambre de pression 716 est introduit dans la chambre de variation de pression 804 par l'intermédiaire de la soupape de retenue 730. Ainsi le
5 plongeur 803 reste sollicité vers la gauche. En raison de la valeur de la pression dans la chambre de pompage 813, le trajet 812 est relié à l'encoche 810 et du carburant de la chambre de pompage 813 est introduit dans la chambre de variation de pression 804. Ainsi, lors de la course d'admission,
10 l'encoche 810 entre en liaison avec le trajet 812 plus tard que dans la pompe d'injection de carburant courante.

Si l'on suppose que la soupape de retenue 730 n'est pas fermée, après la fermeture du petit orifice 711 par la soupape de commande 712, une certaine pression est maintenue
15 dans la chambre de pression 716 et, lors de la course de compression du plongeur 803, la pression de la chambre de variation de pression 804 n'augmente que légèrement et la soupape de commande 712 s'ouvre, et il est impossible d'augmenter suffisamment la pression de carburant de la chambre
20 de variation de pression 804.

Comme le montre la description précédente, dans le cas du présent mode de réalisation, du fait qu'une pression de carburant constante est maintenue dans la chambre de pression 716 après que la pression de carburant à envoyer à l'injecteur 1 ait été réglée à un niveau prédéterminé, une diminution excessive de la pression de la chambre de variation de pression 804 et de la chambre de pression 716 est empêchée et il n'y a pas de risque de dégagement de chaleur dans le carburant contenu dans les chambres 804 et 716, ou de formation de bulles dans le carburant. En outre, dans le présent
25 mode de réalisation, du fait que la pression de carburant de la chambre de pression 716 favorise la rétraction du plongeur 803, lorsqu'il se retire, la perte de puissance est très faible et le rendement de fonctionnement de la pompe d'injection de carburant 800 augmente. En outre, du fait que l'unité
30
35

de réglage de pression de carburant 700 agit de façon que la pression de la chambre de variation de pression 804 n'augmente pas au-delà d'un certain niveau, une soupape d'interruption de carburant, nécessaire pour la pompe
5 d'injection de carburant classique, peut être supprimée, et la structure de la pompe d'injection de carburant peut être simplifiée.

La figure 18 représente un second mode de réalisation de l'unité de réglage de pression de carburant 700. Dans ce
10 mode de réalisation, une soupape de retenue 820 est disposée sur un trajet 812 formé sur un carter d'une pompe d'injection de carburant 800 et reliant une chambre de pompage 813 à une chambre de variation de pression 804. Les autres caractéristiques structurales sont identiques à celles du
15 mode de réalisation de la figure 16. La soupape de retenue 20 est disposée dans le trajet 812 et comprend une bille 821 susceptible d'ouvrir et de fermer le trajet 812 et un ressort 822 devant solliciter la bille 821 dans le sens de fermeture du trajet 812. La bille 821 est disposée de façon à ouvrir
20 le trajet 812 lorsque la pression régnant dans la chambre de pompage 813 dépasse la pression régnant dans la chambre de variation de pression 804. Ainsi, pendant la rétraction du plongeur 803, la soupape de commande 712 ferme le petit orifice 711 et du carburant de la chambre de pression 716 passe
25 dans la chambre de variation de pression 804 par l'intermédiaire de la soupape de retenue 730 et, lorsque la pression de la chambre de variation de pression 804 et de la chambre de pression 716 diminue en-deçà de la pression de la chambre de pompage 813, la soupape de retenue 820 s'ouvre et du carburant de la chambre de pompage 813 passe dans la chambre de
30 variation de pression 804.

Dans ce second mode de réalisation, au cours de la rétraction du plongeur 803, l'instant de communication entre l'encoche 810 et le trajet 812 peut être au voisinage du point
35 mort haut de la course d'admission du plongeur 803, comme

dans la pompe d'injection ordinaire.

Les autres actions du second mode de réalisation sont identiques à celles du premier mode de réalisation représenté sur la figure 16.

5 La figure 19 représente un troisième mode de réalisation de l'unité de réglage de pression de carburant 700. Dans ce mode de réalisation, l'unité de réglage de pression de carburant 700 est appliquée à une installation d'injection de carburant de type à barre commune. L'unité de réglage
10 de pression de carburant 700 comporte un trajet 750 ramifié à partir d'un point situé à mi-chemin du petit orifice 711, et une soupape de refoulement 751 ou une soupape de retenue est disposée à mi-chemin de ce trajet 750. La soupape de refoulement 751 comprend un corps de soupape 752 et un ressort
15 753 et, lorsque la pression du trajet 750 est relativement élevée, la soupape de refoulement 751 s'ouvre en provoquant le passage de carburant dans un tuyau 850. Le tuyau 850 communique avec un réservoir 851 et des injecteurs de carburant 1', 2', 3' et 4' correspondant aux cylindres respectifs
20 sont reliés au réservoir 851.

Chacun des injecteurs 1', 2', 3' et 4' diffère de l'injecteur de carburant 1 utilisé dans le premier mode de réalisation et le second en ce que ces injecteurs ne comportent pas de soupape de retenue et s'ouvrent sous l'effet de
25 la contraction du dispositif d'actionnement piézo-électrique en injectant du carburant emmagasiné dans le réservoir 851. Du fait que la structure de chaque injecteur de carburant est connue, on se dispensera d'en donner une explication détaillée. Si l'on utilise de tels injecteurs 1', 2', 3' et
30 4', le mécanisme de la pompe d'injection de carburant permettant de répartir le carburant entre les cylindres respectifs, utilisé dans le premier mode de réalisation et le second, devient inutile, et l'ensemble de la structure de l'installation peut être simplifiée.

35 La figure 20 représente un quatrième mode de réalisa-

tion de l'unité de réglage de pression de carburant 700. Dans ce mode de réalisation, un trajet 740 formé dans le support de soupape 701 et débouchant dans la chambre de poussée 721 communique avec un trajet 840 formé dans le carter 801 de la pompe d'injection de carburant 800 et débouchant dans la chambre de pompage 813. En conséquence, la pression de la chambre de pompage 813 est toujours introduite dans la chambre de poussée 721. Le passage 724 formé dans les trois premiers modes de réalisation n'est pas formé dans l'élément de retenue 702.

La pression de la chambre de pompage 813 est toujours introduite dans la chambre de poussée 721 par les trajets 740 et 840. La pression de la chambre de pompage 813 varie dans un intervalle de, par exemple, 2 à 10 kgf/cm², selon la vitesse de rotation du moteur. En conséquence, dans le régime des basses vitesses, une basse pression est introduite dans la chambre 721 et la pression d'ouverture de la soupape de commande 712 est faible et, dans le régime des hautes vitesses, une haute pression est introduite dans la chambre 721 et la pression d'ouverture de la soupape de commande 712 est accrue. En conséquence, il est possible de maintenir la pression d'injection de carburant à partir de l'injecteur à un faible niveau dans le régime des basses vitesses et à un niveau élevé dans le régime des hautes vitesses. La réduction de la pression d'injection dans le régime des basses vitesses est avantageuse pour empêcher la production de bruit et pour diminuer la teneur en NO_x des gaz d'échappement, et une augmentation de la pression d'injection dans le régime des hautes vitesses est avantageuse pour augmenter le couple et réduire la consommation de carburant. Il y a lieu de noter que l'on peut appliquer ce quatrième mode de réalisation à l'injecteur à accumulateur ou à l'injection de carburant de type à rail courant.

On va décrire à présent, à titre de cinquième mode de réalisation, un exemple dans lequel on peut effectuer

l'injection-pilote au moyen de l'unité de réglage de pression de carburant 700. La structure de ce mode de réalisation est sensiblement identique à celle représentée sur la figure 20, et l'on utilise, comme injecteur de carburant, un injecteur connu dans lequel une soupape à pointeau est ouverte par la pression de carburant pour effectuer l'injection de carburant. Un orifice de retour est formé sur le plongeur de la pompe d'injection de carburant 800 pour ramener le carburant en excès dans la chambre de pompage 813, et un anneau de retour est agencé pour ouvrir et fermer cet orifice de retour.

On va décrire à présent le fonctionnement de ce cinquième mode de réalisation en se référant à la figure 20.

On supposera que le moteur tourne au ralenti à 700 tours/mn, que la pression de la chambre de pompage 813 est, à ce moment, de 3 kgf/cm^2 , que le diamètre de la section de grand diamètre 713 de la soupape de commande 712 est de 20 mm, et que la force élastique du ressort 722 est de 4 kgf. A ce moment, la force hydraulique dans la chambre de poussée 721, qui agit sur la soupape de commande est de $3 \times \frac{\pi}{4} \times 2^2$ # 9,4 kgf. En conséquence, dans l'état précédant la contraction de la chambre de variation de pression 804 par l'avancement du plongeur 803, la soupape de commande 712 est poussée vers la portion d'étanchéité par la force $4 \text{ kgf} + 9,4 \text{ kgf} = 13,4 \text{ kgf}$ pour obturer le petit orifice 711. Si le diamètre intérieur de la portion de siège 720 de la soupape de commande 712 est de 3 mm, lorsque la pression de la chambre de variation de pression 804 prend la valeur de 190 kgf/cm^2 , la force d'ouverture de la soupape de commande 712 dépasse 13,4 kgf et, par conséquent, la soupape de commande 712 se déplace en contractant le ressort 722, et le petit orifice 711 s'ouvre. Si l'on suppose que la pression d'ouverture de la soupape de l'injecteur est de 160 kgf/cm^2 , alors que la pression de carburant dans le trajet s'étendant de la chambre de variation de pression 804 à la soupape à pointeau de l'injecteur injecte du carburant, la pression de la chambre

de variation de pression 804 diminue en-deçà de la pression d'ouverture de soupape et l'injecteur cesse alors l'injection de carburant. Ainsi, l'injection-pilote s'achève.

5 Alors, le plongeur 803 continue à avancer en augmentant la pression de la chambre de variation de pression 804 et de la chambre de pression 716 et, lorsque cette pression revient à 160 kgf/cm^2 , l'injecteur se remet à effectuer l'injection de carburant. Ainsi, l'injection principale est effectuée.

10 La pression de la chambre de variation de pression 804 monte en général à environ 350 kgf/cm^2 et, à ce moment, la force hydraulique agissant sur la face intérieure de la portion d'étanchéité 719 de la soupape de commande 712 est de $24,7 \text{ kgf/cm}^2$. En conséquence, si la pression dans la
15 chambre de pompage 813 dépasse $6,6 \text{ kgf/cm}^2$, la force hydraulique engendrée dans la chambre de poussée 721 dépasse $20,7 \text{ kgf/cm}^2$ et la somme de cette force hydraulique et de la force élastique de 4 kgf du ressort 722 dépasse la force de $24,7 \text{ kgf}$ d'ouverture de la soupape de commande 712 et
20 la soupape de commande 712 reste fermée. Lorsque la vitesse de rotation du moteur (son nombre de tours) est supérieure à, par exemple, 2.000 tours/mn, la pression de la chambre de pompage 813 dépasse $6,6 \text{ kgf/cm}^2$. En conséquence, dans le régime des hautes vitesses où la vitesse de rotation du
25 moteur est supérieure à 2.000 tours/mn, l'injection-pilote n'a pas lieu.

Comme il ressort de la description précédente, selon la structure de ce cinquième mode de réalisation, l'injection-pilote a lieu dans les régimes de basse vitesse et de
30 haute vitesse, de sorte que l'on peut empêcher la production de bruit et qu'on peut réduire la teneur en NO_x des gaz d'échappement. En outre, dans le régime des hautes vitesses, si l'injection-pilote a lieu, une forte quantité de fumée est produite, mais dans ce mode de réalisation, l'injection
35 de carburant ordinaire est effectuée et la production de

fumée peut être empêchée.

Il y a lieu de noter que la présente invention peut également s'appliquer à une pompe d'injection de carburant dite "en canalisation" ou "en ligne".

REVENDICATIONS

1. Injecteur de carburant, comprenant :

un carter dans lequel sont formés une chambre de réglage de pression de carburant et un accumulateur, qui retiennent provisoirement du carburant, un trajet aboutissant dans la chambre de réglage de pression de carburant et l'accumulateur auxquels le carburant est envoyé sous pression de façon intermittente à partir d'une source de carburant par l'intermédiaire dudit trajet, et un orifice de gicleur ou d'éjection par lequel du carburant contenu dans ledit accumulateur est injecté ;

un dispositif d'actionnement piézo-électrique logé dans ledit carter, délimitant la chambre de réglage de pression de carburant et se dilatant et se contractant selon une tension qui lui est appliquée, pour modifier le volume de ladite chambre de réglage de pression de carburant ;

une soupape à pointeau placée de façon à pouvoir effectuer des mouvements de va-et-vient dans le carter et qui, recevant une pression de la chambre de réglage de pression de carburant et de l'accumulateur, ouvre ou coupe la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection ;

une soupape de retenue qui coupe normalement la communication entre ledit trajet et la chambre de réglage de pression de carburant et entre ledit trajet et ledit accumulateur et ouvre cette communication selon la pression régnant dans ledit trajet et/ou dans ladite chambre de réglage de pression de carburant ;

un circuit électrique qui règle une tension appliquée audit dispositif d'actionnement piézo-électrique ;

le carburant fourni par ladite source de carburant suivant ledit trajet étant introduit sous pression dans ladite chambre de réglage de pression de carburant et

ledit accumulateur par l'intermédiaire de ladite soupape de retenue ;

ladite soupape à pointeau coupant la communication entre ledit accumulateur et ledit orifice d'éjection lorsque la pression de carburant dans la chambre de réglage de pression de carburant prend une valeur relativement élevée sous l'action dudit dispositif d'actionnement piézo-électrique, et ouvrant la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection lorsque la pression de carburant de la chambre de réglage de pression de carburant prend une valeur relativement faible sous l'action dudit dispositif d'actionnement piézo-électrique, ce qui permet l'injection de carburant à partir dudit orifice d'éjection.

2. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit carter comprend ;

un support de dispositif d'actionnement piézo-électrique à fond cylindrique, qui reçoit ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique ;

une pièce d'écartement annulaire fixée étroitement à l'ouverture dudit support de dispositif d'actionnement piézo-électrique ;

un support d'injecteur cylindrique prévu du côté opposé de la pièce d'écartement par rapport audit support de dispositif d'actionnement piézo-électrique ; et

un corps d'injecteur dans lequel est formé ledit orifice d'éjection, prévu du côté opposé dudit support d'injecteur par rapport à la pièce d'écartement et logeant ladite soupape à pointeau.

3. Injecteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la chambre de réglage de pression de carburant est délimitée dans ladite pièce d'écartement, ledit accumulateur étant formé dans ledit corps d'injecteur, ledit trajet étant formé dans le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique, la pièce d'écartement et le sup-

port d'injecteur et ladite chambre de réglage de pression de carburant et ledit accumulateur étant autorisés à communiquer mutuellement par l'intermédiaire du trajet formé dans ledit support d'injecteur.

5 4. Injecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la soupape de retenue est prévue dans chacun desdits trajets dans ladite pièce d'écartement et dans ledit support d'injecteur.

10 5. Injecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'un ressort est prévu entre le support d'injecteur et la soupape à pointeau pour solliciter ladite soupape à pointeau dans le sens de fermeture dudit orifice d'éjection.

15 6. Injecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le piston comporte des sections de grand diamètre et de petit diamètre, la section de grand diamètre étant logée de façon à pouvoir coulisser dans le support de dispositif d'actionnement piézo-électrique et la section de petit diamètre étant logée de façon à pouvoir
20 coulisser dans ladite pièce d'écartement, un ressort Belleville étant prévu entre la pièce d'écartement et la section de grand diamètre pour solliciter le piston vers le dispositif d'actionnement piézo-électrique, jusqu'à
25 ce que ledit piston bute contre le dispositif d'actionnement piézo-électrique.

 7. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique comprend une pluralité d'éléments piézo-électriques et de conducteurs superposés axialement en formant un empilement.

30 8. Injecteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que les éléments piézo-électriques sont en une matière céramique ferro-électrique frittée.

 9. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la soupape à pointeau est subdivisée en une
35 section de barre pour recevoir la pression émanant de la

chambre de réglage de pression de carburant et un corps de soupape pour ouvrir et fermer ledit orifice d'éjection, ladite section de barre recevant la pression et ledit corps de soupape étant accouplés au moyen d'une broche de façon à être mobiles radialement l'un par rapport à l'autre.

5 10. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit électrique comprend une section de circuit devant appliquer une tension audit dispositif d'actionnement piézo-électrique et une section de circuit
10 pour évacuer une charge accumulée dans ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique, ledit circuit électrique servant à régler la tension appliquée au dispositif d'actionnement piézo-électrique ou la quantité évacuée de
15 la charge accumulée dans ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique pour régler la pression dans ladite chambre de réglage de pression de carburant, de sorte que la levée de la soupape à pointeau est réglée de façon que la quantité de carburant éjectée à partir de l'orifice d'éjection soit réglée.

20 11. Injecteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que la section d'application de tension dudit circuit électrique comprend une alimentation continue, un élément de commutation qui assure la connexion et la deconnexion entre l'alimentation continue et le dispositif
25 d'actionnement piézo-électrique, et un circuit LC agencé de façon que ladite alimentation continue applique une tension audit dispositif d'actionnement piézo-électrique selon la caractéristique de résonance LC.

30 12. Injecteur selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la section d'évacuation de charge accumulée dudit circuit électrique comprend un condensateur, une résistance et un premier élément de commutation tous montés en parallèle sur ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique, et un second élément de commutation
35 monté entre lesdits éléments de circuit en parallèle et

le dispositif d'actionnement piézo-électrique, la quantité de charge accumulée dans ledit accumulateur piézo-électrique étant ajustée selon les caractéristiques déterminées sous la commande dudit premier élément de commutation et en fonction de la capacité dudit condensateur et de la valeur de ladite résistance, alors que le second élément de commutation est en fonctionnement.

13. Injecteur selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la section d'évacuation de charge accumulée dudit circuit électrique comprend un premier circuit d'évacuation de charge accumulée comprenant un condensateur, une résistance et un premier élément de commutation tous montés en parallèle sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique, et un second élément de commutation monté entre lesdits éléments de circuit en parallèle et le dispositif d'actionnement piézo-électrique, et un second circuit d'évacuation de charge accumulée monté en parallèle sur le premier circuit d'évacuation de charge accumulée et un dispositif d'actionnement piézo-électrique et comportant un troisième élément de commutation, une première évacuation de charge accumulée dudit dispositif d'actionnement piézo-électrique étant réglée selon la caractéristique déterminée sous la commande du premier élément de commutation et en fonction de la capacité du condensateur et de la valeur de la résistance, lorsque le second élément de commutation du premier circuit d'évacuation de charge accumulée est en fonctionnement, tandis qu'une seconde évacuation de charge accumulée du dispositif d'actionnement piézo-électrique est réglée sous la commande du troisième élément de commutation du second circuit d'évacuation de charge accumulée.

14. Injecteur selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la section d'évacuation de charge accumulée dudit circuit électrique comprend un premier circuit d'évacuation de charge accumulée comprenant un

condensateur et une résistance montés en parallèle sur le dispositif d'actionnement piézo-électrique et un premier élément de commutation monté entre lesdits éléments de circuit en parallèle et le dispositif d'actionnement piézo-électrique, et

un second circuit d'évacuation de charge accumulée monté en parallèle sur le premier circuit d'évacuation de charge accumulée et le dispositif d'actionnement piézo-électrique et comprenant un second élément de commutation,

une première évacuation de charge accumulée du dispositif d'actionnement piézo-électrique étant réglée selon la caractéristique déterminée par la capacité du condensateur et la valeur de la résistance lorsque le premier élément de commutation du premier circuit d'évacuation de charge accumulée est en fonctionnement, et

une seconde évacuation de charge accumulée du dispositif d'actionnement piézo-électrique étant réglée par le second élément de commutation du second circuit d'évacuation de charge accumulée.

15. Injecteur selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la section d'évacuation de charge accumulée du circuit électrique comprend une pluralité de circuits comportant chacun un élément de commutation monté en série avec un circuit formé par une résistance et un condensateur montés en parallèle l'un par rapport à l'autre et montés en parallèle sur ledit dispositif d'actionnement piézo-électrique, ces condensateurs et résistances desdits circuits parallèles multiples étant réglés de façon à définir un taux d'injection, et

lesdits éléments de commutation de circuits parallèles multiples étant actionnés selon une combinaison prédéterminée pour évacuer la charge accumulée du dispositif d'actionnement piézo-électrique.

16. Injecteur selon la revendication 15, caractérisé en ce que la section d'évacuation de charge accumulée du

circuit électrique comprend, en outre, un circuit d'évacuation de charge comprenant un élément de commutation monté en parallèle sur les circuits parallèles multiples et le dispositif d'actionnement piézo-électrique, ledit
5 circuit d'évacuation de charge étant agencé de façon qu'après la mise en fonctionnement desdits circuits parallèles multiples, l'élément de commutation dudit circuit d'évacuation de charge soit actionné.

17. Installation d'injection de carburant destinée
10 à être utilisée dans un moteur à combustion interne multicylindres pour alimenter chacun des cylindres en carburant sous haute pression, comprenant :

une pompe d'injection de carburant devant débiter une quantité de carburant prédéterminée ;

15 une pluralité d'injecteurs de carburant prévus chacun pour un cylindre correspondant pour retenir sous une haute pression du carburant fourni par ladite pompe d'injection de carburant et injecter le carburant sous haute pression,

20 un trajet de carburant reliant la pompe d'injection de carburant aux injecteurs,

des moyens de réglage de pression disposés à mi-chemin du trajet de carburant pour régler la pression de carburant dans ledit trajet de carburant, et

25 des moyens de commande pour ouvrir les injecteurs pour injecter du carburant sous haute pression.

18. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que ledit trajet de carburant est subdivisé, en un point situé à mi-chemin
30 de celui-ci, en une pluralité de ramifications correspondant au nombre des cylindres et à l'une de ses extrémités reliée à l'orifice de décharge ou refoulement de ladite pompe d'injection de carburant et chaque extrémité de ramification reliée à l'injecteur de carburant correspondant.

35 19. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que ladite pompe

60

d'injection de carburant comprend :

un carter comportant un orifice d'admission communiquant avec un réservoir de carburant, un orifice de décharge ou refoulement communiquant avec ledit trajet de carburant, et un alésage cylindrique,

un plongeur prévu pour effectuer des mouvements de va-et-vient en direction axiale et tourner autour de l'axe dans ledit alésage cylindrique pour délimiter dans l'alésage cylindrique une chambre de pression pouvant communiquer avec l'orifice de décharge,

des moyens pour faire effectuer des mouvements de va-et-vient en direction axiale au plongeur, et

des moyens pour faire tourner ledit plongeur autour dudit axe,

ledit plongeur comportant un trajet en spirale formé dans sa surface et comportant, formé en son intérieur, un trajet qui assure la communication entre ledit trajet en spirale et la chambre de pression, du carburant étant admis dans ladite chambre de pression par ledit orifice d'admission lorsque la chambre de pression se dilate, et du carburant étant éjecté lorsque ladite chambre de pression se contracte, l'éjection de carburant s'achevant lorsque le trajet en spirale est en communication avec ledit orifice d'admission,

la course dudit plongeur lorsque le trajet en spirale communique avec l'orifice d'admission étant modifiée lorsque ledit plongeur tourne autour de son axe, de façon à modifier la quantité de carburant éjectée.

20. Installation d'injection de carburant selon la revendication 19, caractérisée en ce que ledit plongeur peut tourner autour de l'axe solidairement avec une pédale d'accélérateur.

21. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que ledit injecteur de carburant comprend :

une chambre de réglage de pression de carburant et un accumulateur, qui retient temporairement du carburant, et un trajet aboutissant à la chambre de réglage de pression de carburant et un accumulateur recevant du carburant de façon intermittente sous pression à partir d'une source de carburant, comprenant :

un carter dans lequel est formé un orifice d'éjection pour injecter du carburant à l'extérieur de l'accumulateur ;

un dispositif d'actionnement piézo-électrique logé dans ledit carter, délimitant ladite chambre de réglage de pression de carburant et se dilatant et se contractant selon une tension qui lui est appliquée, de façon à modifier le volume de ladite chambre de réglage de pression de carburant ;

une soupape à pointeau prévue pour effectuer des mouvements alternatifs dans ledit carter et qui, en recevant une pression provenant de la chambre de réglage de pression de carburant et de l'accumulateur, ouvre ou coupe la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection ; et

une soupape de retenue qui coupe normalement la communication entre ledit trajet et la chambre de réglage de pression de carburant et entre ledit trajet et ledit accumulateur et ouvre la communication selon la pression régnant dans ledit trajet et/ou dans la chambre de réglage de pression de carburant ;

du carburant fourni par ladite source de carburant suivant ledit trajet et étant introduit sous pression dans la chambre de réglage de pression de carburant et l'accumulateur par l'intermédiaire de la soupape de retenue ;

ladite soupape à pointeau coupant la communication entre l'accumulateur et l'orifice d'éjection lorsque la pression de carburant dans la chambre de réglage de pression de carburant prend une valeur relativement élevée sous l'action du dispositif d'actionnement piézo-électrique,

et ouvrant la communication entre ledit accumulateur et ledit orifice d'éjection, lorsque la pression de carburant dans la chambre de réglage de pression de carburant prend une valeur relativement faible sous l'action du dispositif d'actionnement piézo-électrique, ce qui permet l'injection de carburant à partir de l'orifice d'éjection.

22. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que lesdits moyens de réglage de pression comportent un boîtier et un piston logé de façon à pouvoir coulisser dans le boîtier et délimitant une chambre de pression communiquant avec ledit trajet de carburant, ledit piston avançant et reculant pour modifier le volume de ladite chambre de pression, de sorte que la pression de carburant dans ledit trajet de carburant est réglée.

23. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que les moyens de réglage de pression sont rattachés à une pompe d'injection de carburant pour dilater et contracter une chambre de variation de pression et éjecter du carburant de ladite chambre de variation de pression, et comprennent :

un boîtier fixé à un carter de ladite pompe d'injection de carburant et comportant un alésage susceptible de communiquer avec la chambre de variation de pression par un petit orifice ;

une soupape de commande logée de façon à pouvoir coulisser dans ledit alésage en délimitant un accumulateur communiquant avec la chambre de variation de pression par un petit orifice, ladite soupape de commande étant susceptible d'ouvrir et de fermer ledit petit orifice ;

des moyens pour solliciter la soupape de commande dans le sens de fermeture dudit petit orifice ; et

une soupape de retenue pour faire communiquer l'accumulateur avec la chambre de variation de pression, lorsque la pression régnant dans l'accumulateur dépasse d'au moins.

une certaine valeur la pression régnant dans la chambre de variation de pression ;

5 ladite soupape de commande fermant ledit petit orifice lorsque la pression de la chambre de variation de pression est inférieure à une valeur prédéterminée et, lorsque la pression de la chambre de variation de pression dépasse ladite valeur prédéterminée, ladite soupape de commande étant déplacée pour ouvrir ledit petit orifice.

10 24. Installation d'injection de carburant selon la revendication 23, caractérisée en ce qu'une chambre de pompage formée dans ladite pompe d'injection de carburant et présentant une pression variable selon la vitesse de rotation du moteur est mise en communication avec une chambre de poussée formée dans ledit alésage située du
15 côté opposé à l'accumulateur par rapport à la soupape de commande, par un trajet formé sur ledit boîtier.

20 25. Installation d'injection de carburant selon la revendication 17, caractérisée en ce que ledit piston avance ou recule selon la grandeur de la charge appliquée au moteur pour réduire le volume de ladite chambre de pression, lorsque la charge appliquée au moteur augmente.

2/16

Fig. 2

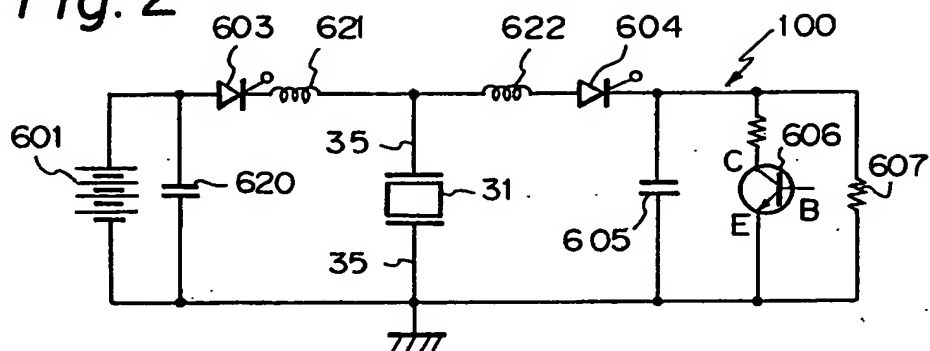
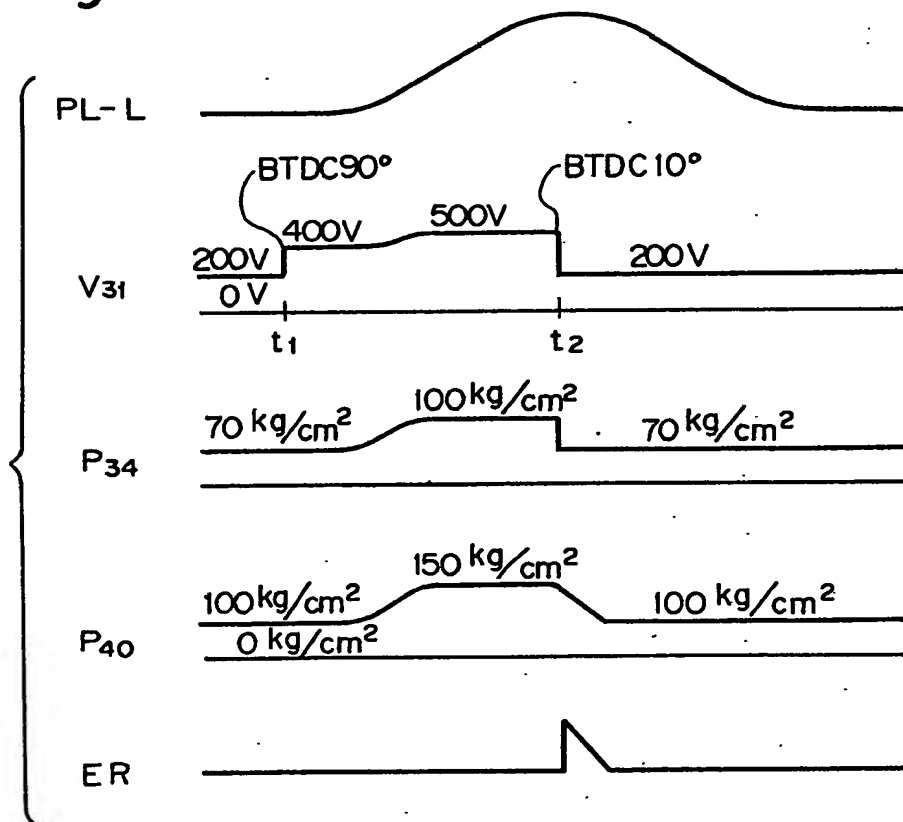
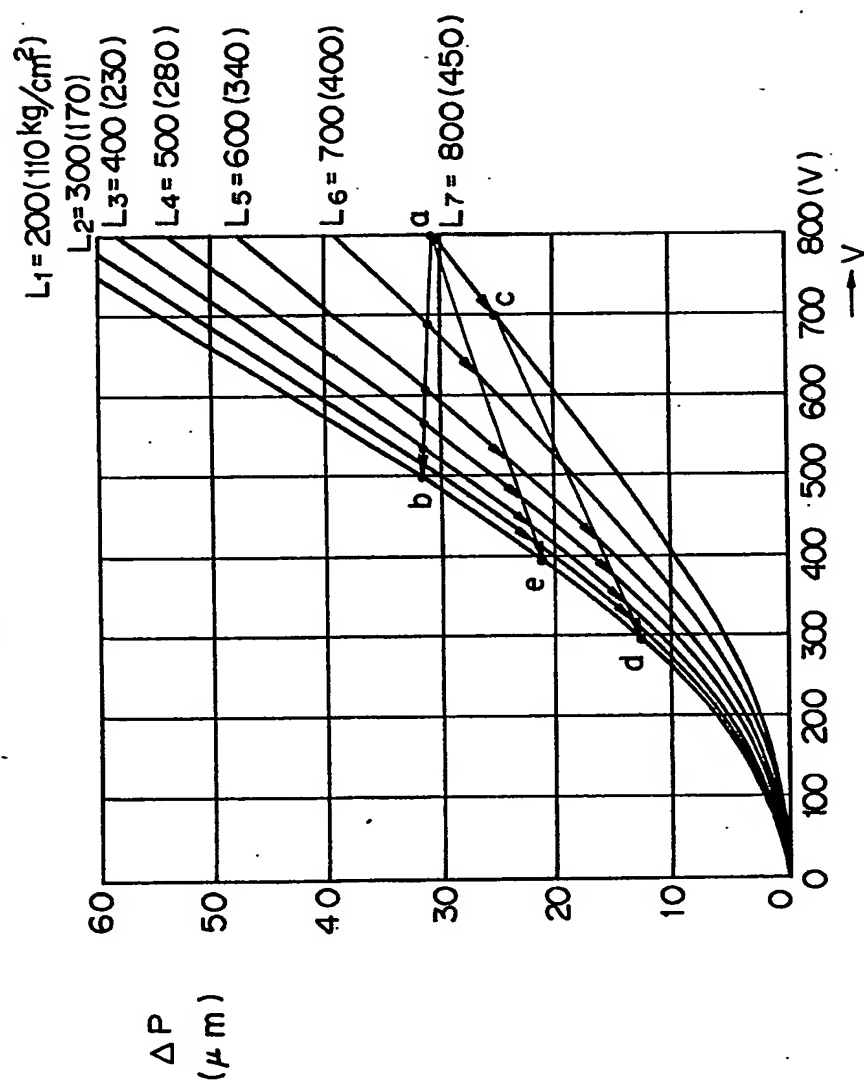


Fig. 4



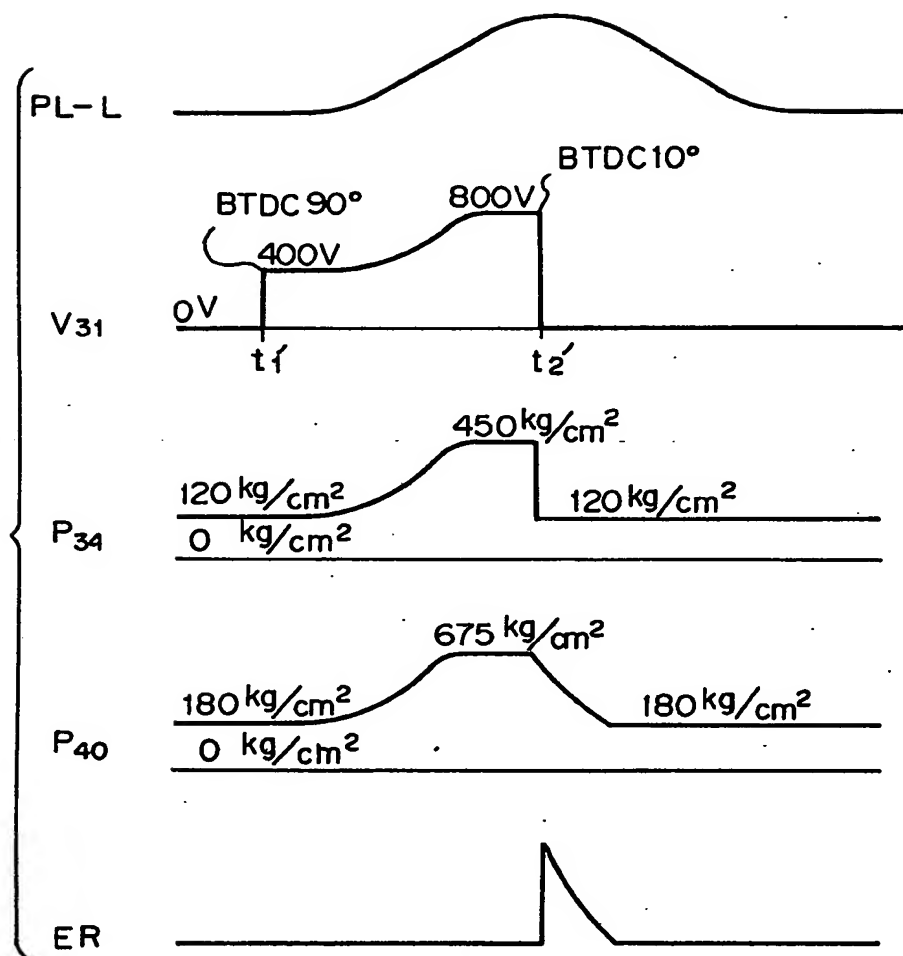
$\frac{3}{16}$

Fig. 3



4/16

Fig. 5



5/16

Fig. 6

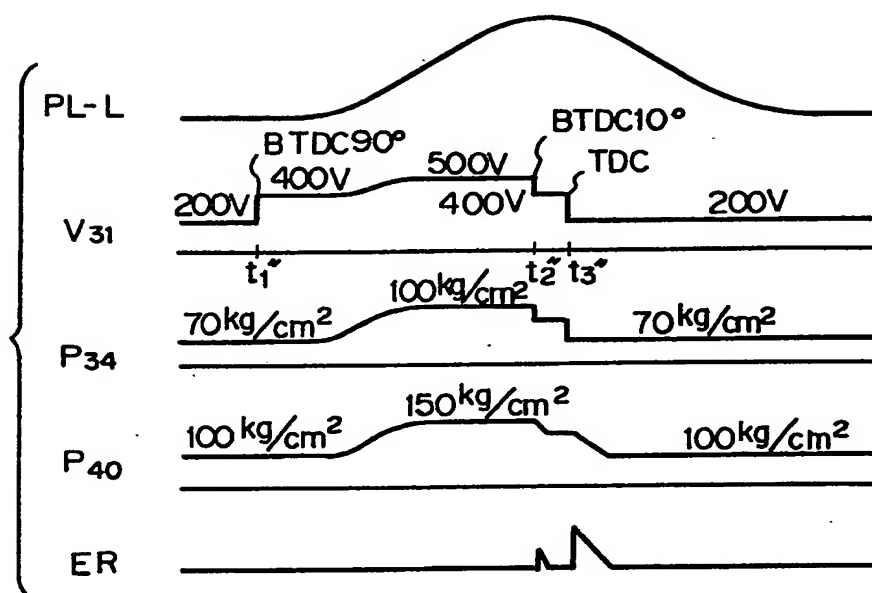
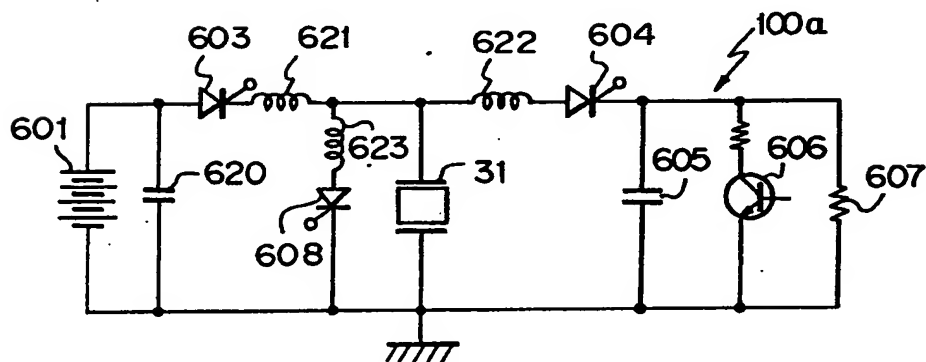
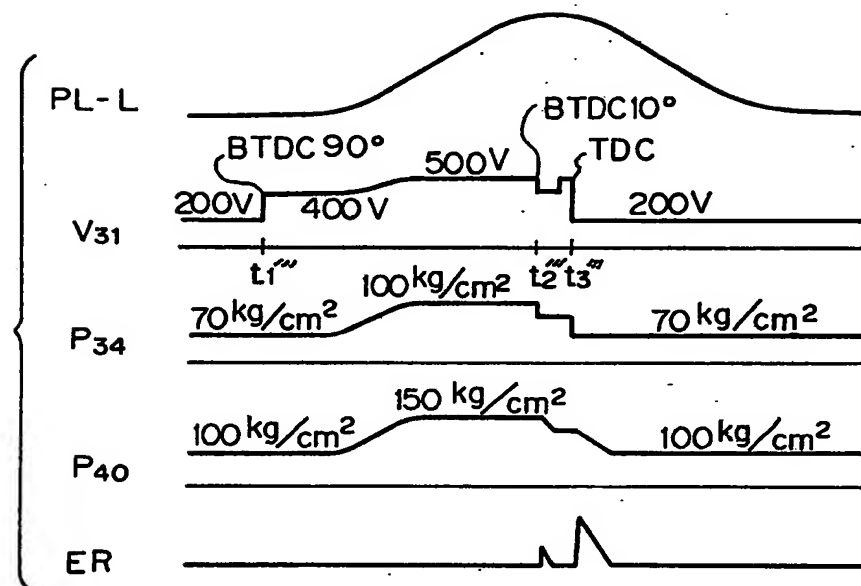


Fig. 7



6/16

Fig. 8



7/16

Fig. 9

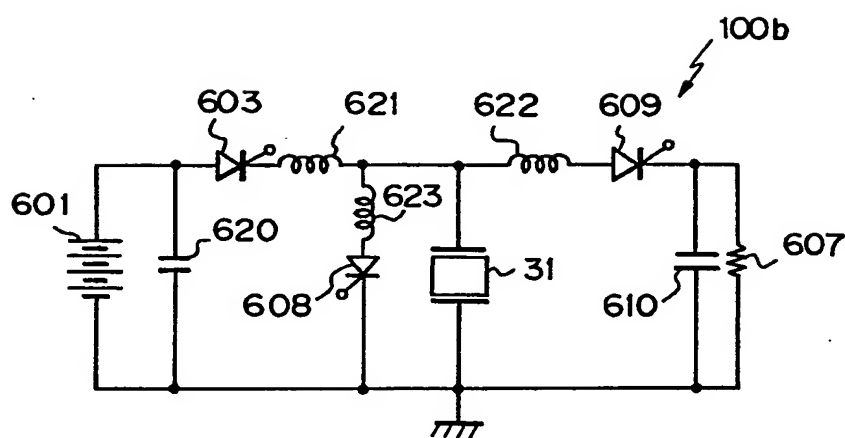
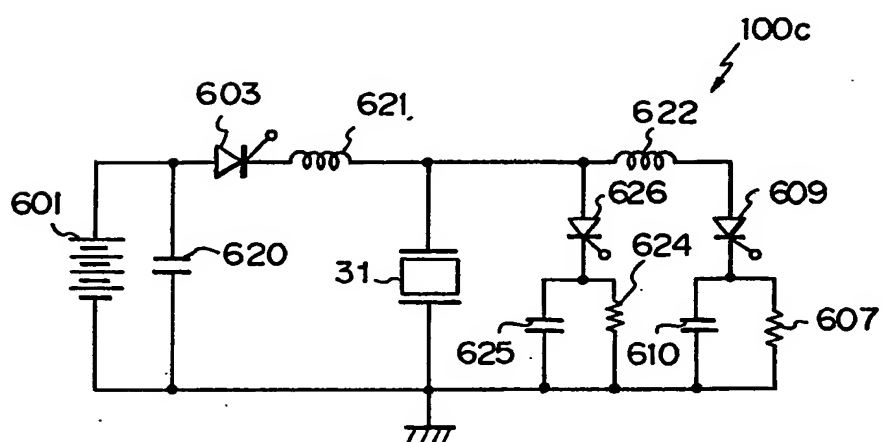
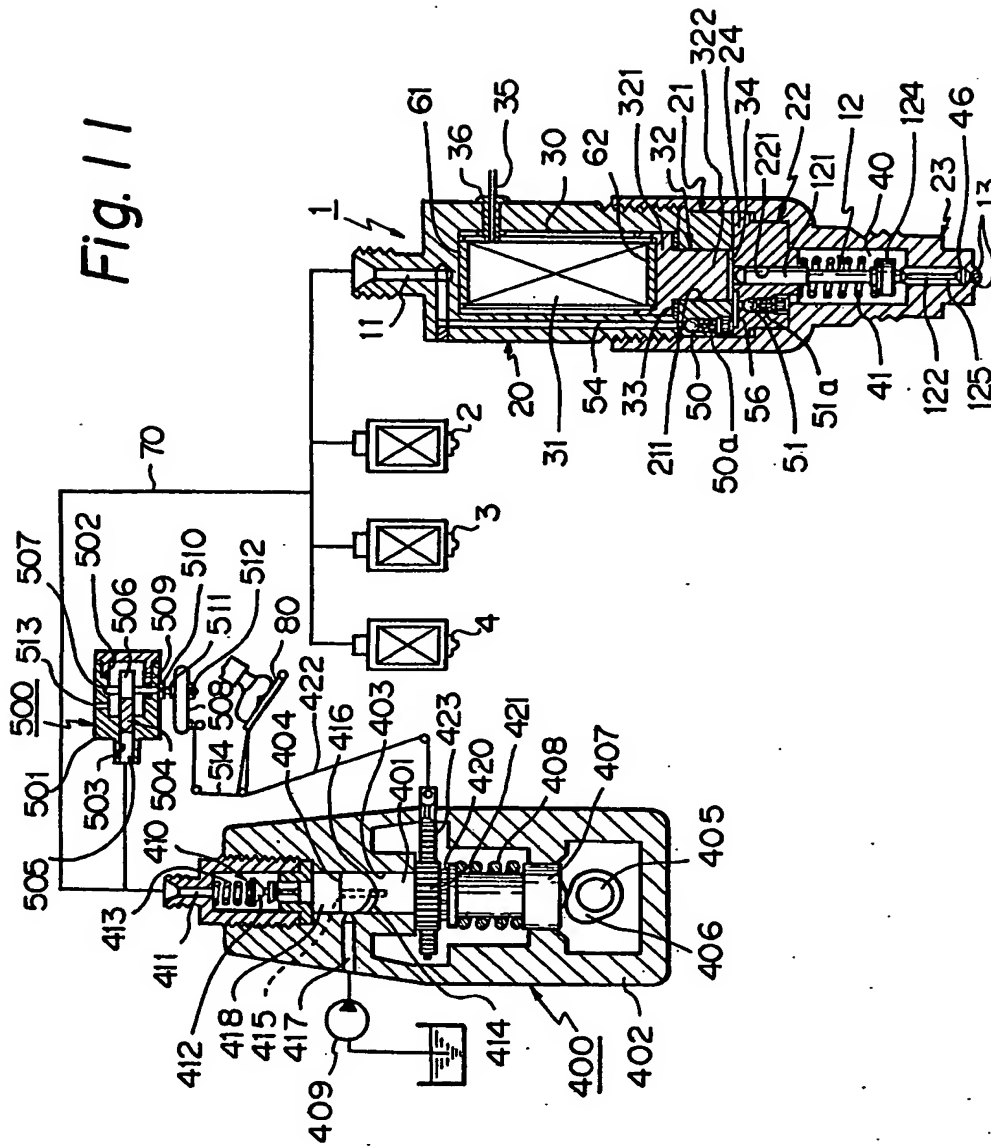


Fig. 10

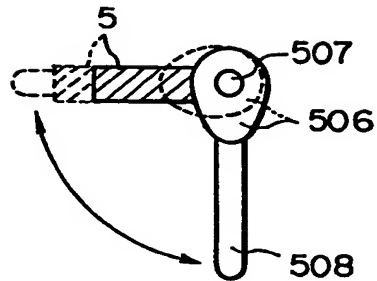
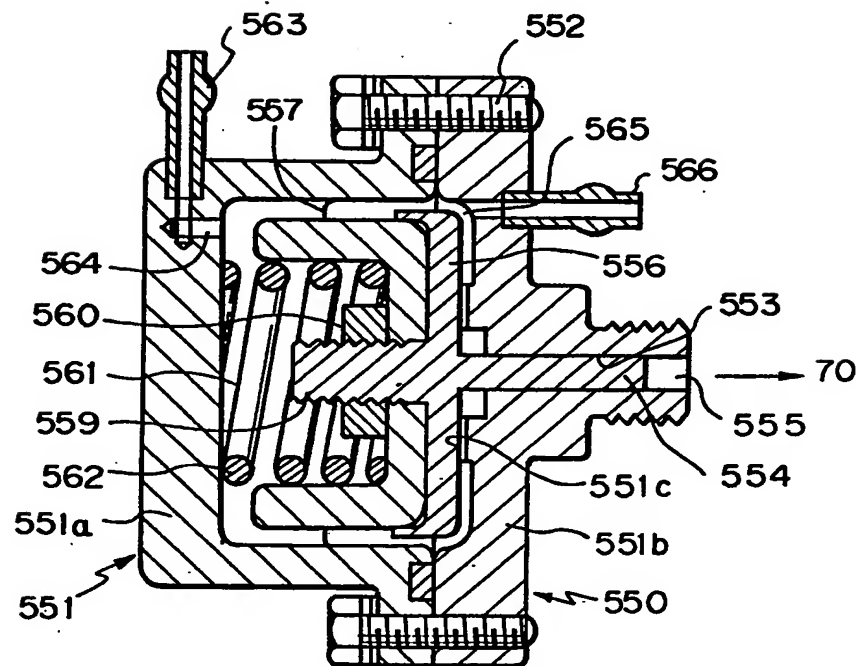


8/16

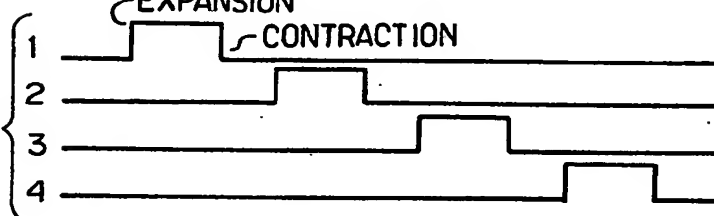
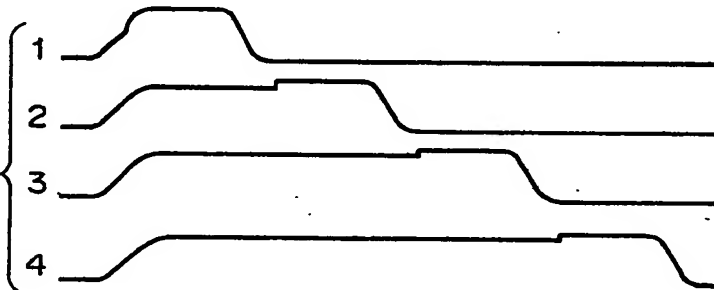
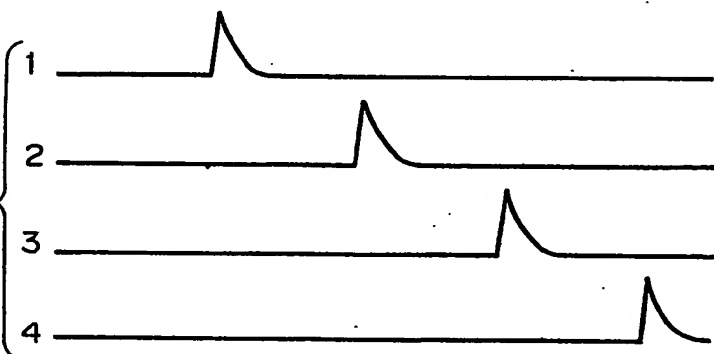
Fig. 11

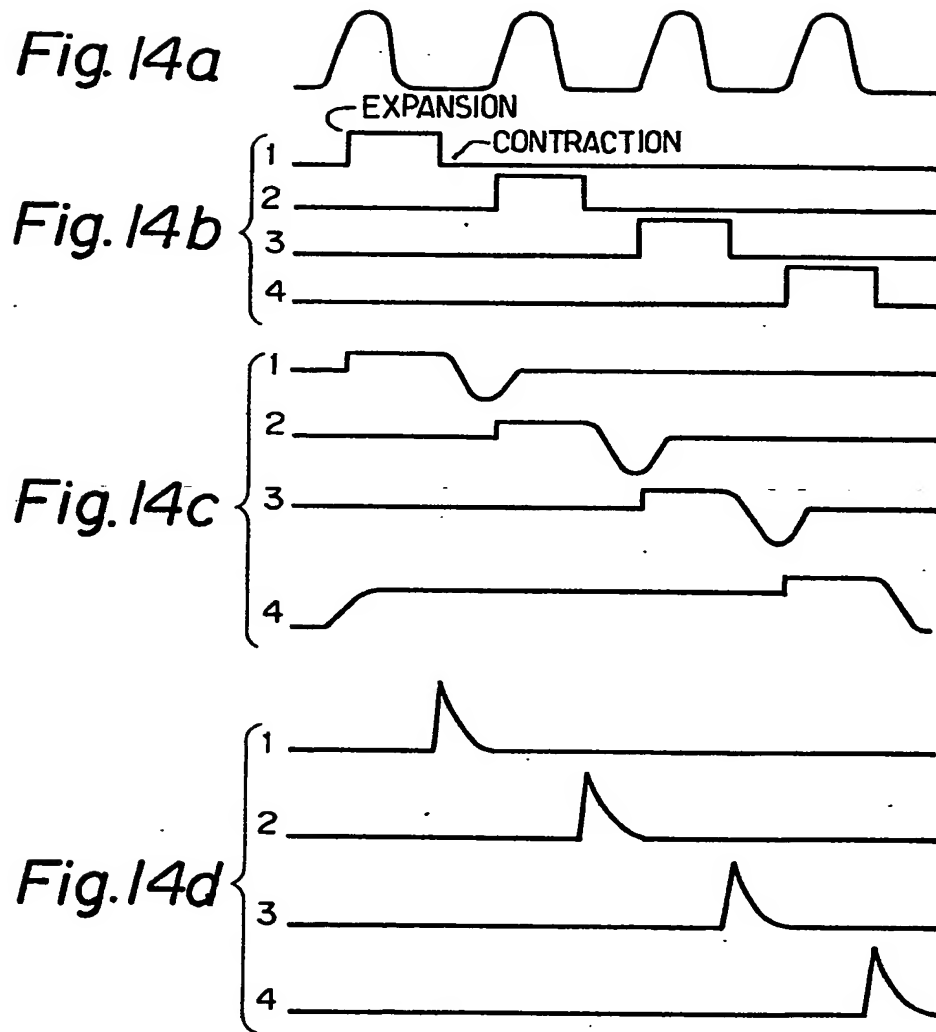


9/16

Fig. 12*Fig. 15*

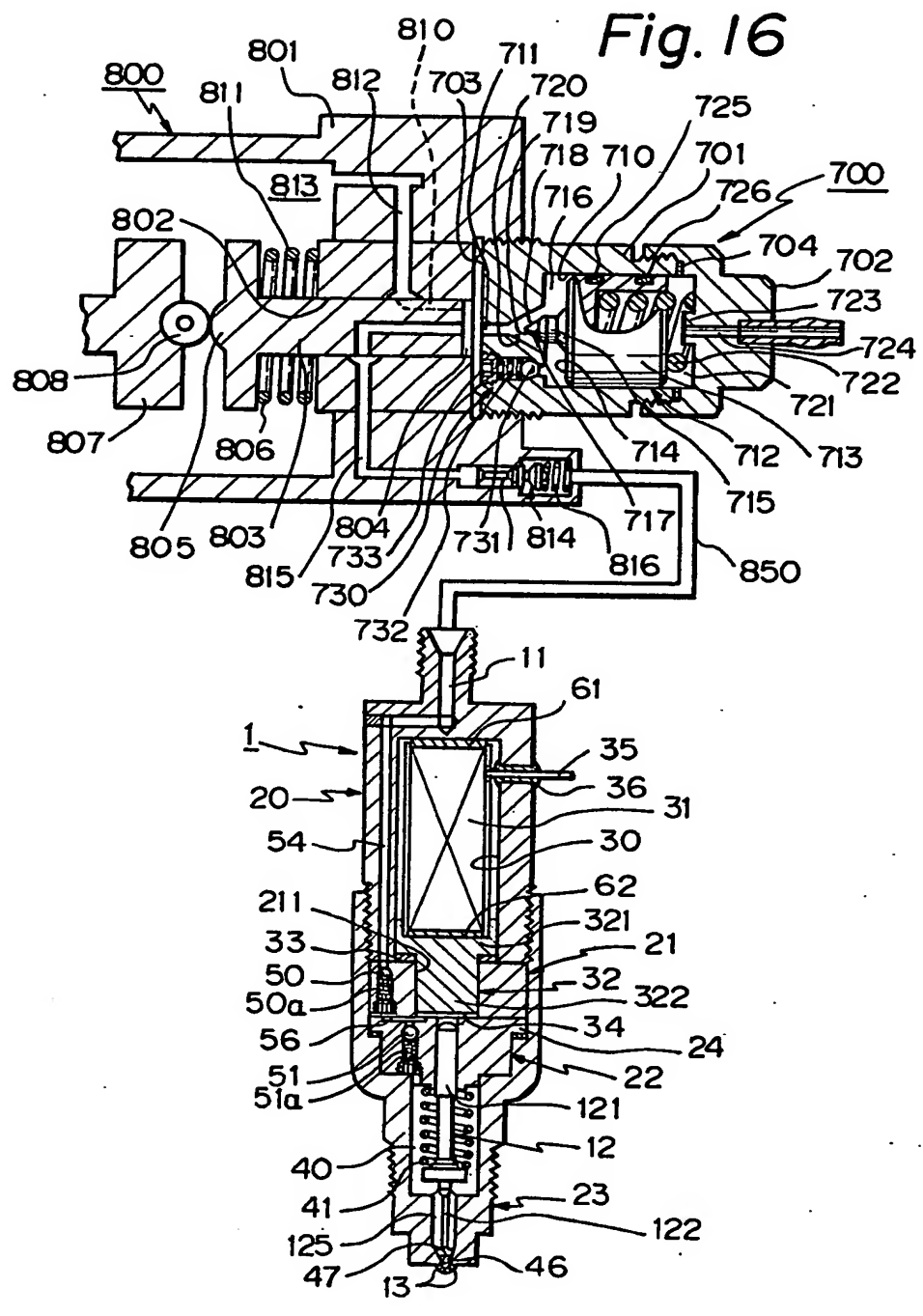
10/16

Fig. 13a*Fig. 13b**Fig. 13c**Fig. 13d*

$\frac{11}{16}$ 

12/16

Fig. 16



13/16

Fig. 17

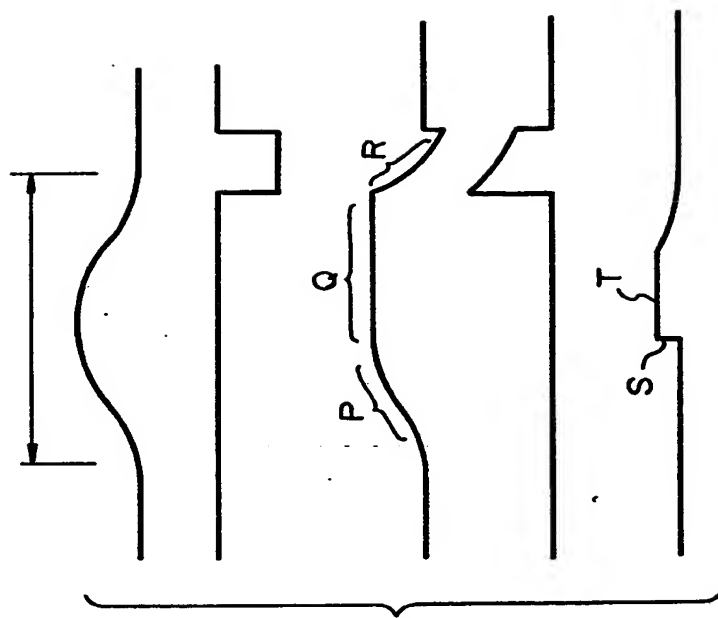


Fig. 19

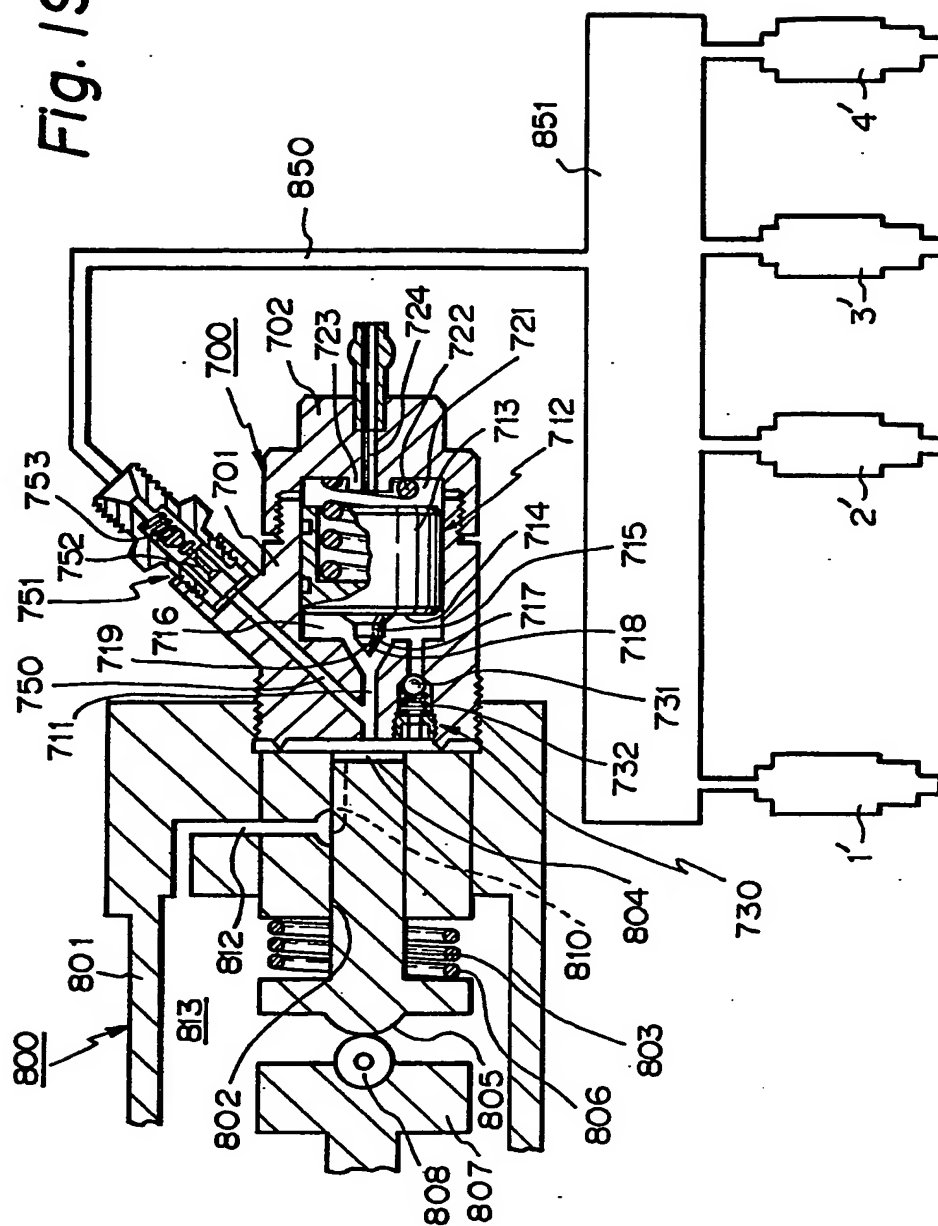


Fig. 20

